



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE CIVIL**

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA VÍA IZAMBA-  
PILLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**

**JOSÉ ERNESTO ALVARADO ORTIZ**

**FABIÁN RAMIRO FREILE BENAVIDES**

**DIRECTOR: ING. GUSTAVO YANEZ**

**QUITO, 2015**

## DEDICATORIA

*Dedico esta tesis a mis padres José e Irma por haberme apoyado en todo momento durante toda mi vida, en mi formación personal y profesional.*

*A mi esposa Lizbeth y a mi amada hijita Emma, que son parte de mi vida y el principal motivo para mi superación.*

*A mi hermana Michelle y mis sobrinos Matías y Miguel que siempre me alentaron a culminar mi carrera.*

*A mis queridos abuelitos Gladys, José Ernesto, Emma por sus sabios consejos, aunque algunos ya no están presentes, se encuentran siempre en mi corazón.*

*A mis amigos incondicionales que siempre estuvieron a mi lado.*

*Y en especial a Dios por permitirme vivir y darme la oportunidad de cumplir mis sueños.*

*Att: José Alvarado Ortiz*

*A mi Madre Carmita, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación académica, como de la vida, por su incondicional apoyo a través del tiempo.*

*A mi hermana Carolina, por ser un gran ejemplo de dama, de la cual aprendí que no hay nada imposible, solo basta soñar y actuar para cumplir nuestros deseos.*

*Al amor de mi vida Michelle Almeida, y a todos mis amigos José Alvarado, Raquel Bedoya, Pablo Flores, Marcelo Barros, Enrique Muñoz quienes me han apoyado y han estado conmigo en todas las circunstancias de mi vida.*

*Atte. Fabián Freile*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por esta vida que ha sido llena de amor, alegrías y experiencias, esta vida que me ha permitido alcanzar mis metas y culminar mi carrera.*

*A mis padres José e Irma que siempre confiaron y me apoyaron, me llenaron de amor y comprensión, y a pensar que lo que se sueña se puede realizar.*

*A mi querida esposa Lizbeth y a mi adorada hijita Emma que siempre estuvieron a mi lado mientras realizaba mi tesis.*

*A mi hermana Michelle que me sirvió de ejemplo, a mis sobrinos Matías y Miguel quienes me alegraban los fines de semana cuando regresaba a mi ciudad.*

*Agradezco a toda mi familia de parte de mi padre y madre por sus consejos y por brindarme su apoyo.*

*A mi director de tesis Ing. Gustavo Yáñez, mis correctores Ing. Paul Enríquez e Ing. Marcos Jácome, a todos los profesores de la universidad, quienes me brindaron sus conocimientos, su tiempo, su amistad y sobre todo por haberme ayudado en mi formación profesional.*

*Al Ing. Patricio Chan por abrirnos sus puertas de Emuldec S.A. y brindarnos el apoyo necesario, al igual que el Ing. Mariño.*

*A todos mis compañeros y amigos por compartir durante mi formación académica, y por los momentos vividos e inolvidables.*

*A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador por acogerme en sus aulas y brindarme muchas satisfacciones.*

*Att: José Alvarado Ortiz*

*A Dios, por darme la oportunidad de vivir y haberme dado salud para lograr mis objetivos y ser mi compañía durante todo el periodo de estudio.*

*A mi madre Carmita mi hermana Carolina, mis abuelitos: Aida, Jaime y Rosa, Tía Ruth, Tía Jessica y toda mi familia quienes me han educado como persona y me han apoyado siempre de manera incondicional.*

*A mi Director de tesis Ing. Gustavo Yáñez, mis correctores Ing. Paul Enríquez e Ing. Marcos Jácome, y a todos los profesores de la universidad, quienes me han ayudado en mi formación académica y personal.*

*Al Ingeniero Mariño por su apoyo en la elaboración de esta Tesis y a su vez al Ingeniero Patricio Chan quien nos abrió las puertas de la empresa EMULDEC S.A para la elaboración de los ensayos de laboratorio mi agradecimiento infinito.*

*Att. Fabián Freile*

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS.....</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS .....</b>	<b>xiv</b>
<b>ÍNDICE DE IMÁGENES .....</b>	<b>xv</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>xvii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xviii</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo General .....	2
1.2.2. Objetivos Específicos .....	2
1.3. Ubicación del proyecto .....	3
1.3.1. Características generales de la vía y zona de influencia.....	4
1.3.1.1. Condiciones climáticas .....	5
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>7</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
2.1. Las Carreteras .....	7
2.1.1. Definición.....	7
2.1.2. Clasificación de las carreteras en el Ecuador .....	7
2.1.2.1. Periodo de Diseño.....	10
2.1.3. Partes de una carretera.....	10
2.1.4. El Pavimento .....	13
2.1.4.1. Elementos estructurales del pavimento .....	14
2.1.4.2. Clasificación de los pavimentos .....	15
2.1.4.3. Comportamiento del pavimento frente a cargas de tránsito .....	17
2.1.4.4. Factores que influyen en el diseño de los pavimentos flexibles.....	18
2.1.4.5. Implicaciones económicas de diferir inversiones de rehabilitación .....	20
2.1.4.6. Tipos de fallas en el pavimento .....	22

2.1.4.6.1. Fallas superficiales.....	23
2.1.4.6.2. Fallas Estructurales .....	23
2.2. Inventario Vial.....	23
2.2.1. Parámetros del inventario vial .....	24
2.2.2. Índice de Condición del Pavimento (PCI) .....	24
2.2.3. Términos fundamentales .....	26
2.3. Modo de valoración de la condición del pavimento.....	28
2.3.1. Establecimiento de las unidades de muestra para la clasificación .....	29
2.3.2. Elección de las unidades de muestra para observación. ....	30
2.3.3. Levantamiento visual de daños en el pavimento.....	31
2.4. Tipos de fallas en los pavimentos flexibles .....	33
2.4.1. Descripción, causas y opciones de reparación de fallas .....	34
2.4.1.1. Grietas de fatiga o piel de cocodrilo .....	34
2.4.1.2. Grietas de contracción (bloque).....	37
2.4.1.3. Grietas de borde.....	39
2.4.1.4. Grietas de reflexión de juntas.....	41
2.4.1.5. Fisuras longitudinales y transversales .....	43
2.4.1.6. Abultamientos y/o Hundimientos .....	45
2.4.1.7. Corrugaciones.....	47
2.4.1.8. Depresiones .....	49
2.4.1.9. Ahuellamientos.....	50
2.4.1.10. Grietas de Desplazamiento .....	52
2.4.1.11. Hinchamiento .....	54
2.4.1.12. Baches (huecos).....	55
2.4.1.13. Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados .....	57
2.4.1.14. Mancha en pavimentos (exudación) .....	59
2.4.1.15. Agregado Pulido.....	61
2.4.1.16. Desnivel carril - berma.....	61
2.4.1.17. Bacheo y zanjas reparadas (parches).....	63
2.4.1.18. Desplazamiento.....	65
2.4.1.19. Cruce de sumideros de rejilla (cruce de rieles).....	66
2.5. El Tráfico .....	68

2.6. Mantenimiento Vial.....	70
2.6.1. Mantenimiento rutinario.....	70
2.6.2. Mantenimiento correctivo .....	70
2.6.3. Mantenimiento preventivo.....	70
2.7. Capa de sellado con mezclas densas en frio .....	71
2.7.1. Mortero asfáltico (Slurry Seal).....	71
2.7.2. Sellado de Fisuras.....	77
2.7.3. Bacheo Asfáltico Menor.....	78
2.8. Índice Internacional de Rugosidad (IRI).....	78
2.8.1. Particularidades de la prueba.....	79
2.8.2. Escala y peculiaridades del IRI.....	80
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>84</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>84</b>
3.1. Inventario vial.....	84
3.2. Características generales de la vía .....	84
3.2.1. Inventario de la calzada, sistemas de drenaje y seguridad vial.....	84
3.3. Evaluación del Índice de Condición de Pavimento (PCI) .....	85
3.4. Estudios de tráfico .....	91
3.5. Índice de rugosidad del pavimento (IRI) .....	91
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>93</b>
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>93</b>
4.1. Análisis de resultados del Inventario Vial .....	93
4.2. Análisis de resultados de la evaluación del pavimento .....	96
4.2.1. Condición del pavimento.....	96
4.2.2. Falla predominante .....	98
4.3. Análisis de resultados del estudio de tráfico .....	98
4.4. Análisis de resultados del estudio de Índice de Rugosidad Interna (IRI).....	100
4.5. Análisis de resultados del estudio de Serviciabilidad.....	100
4.6. Conclusiones.....	101
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>102</b>
<b>DETERMINACIÓN DEL TIPO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....</b>	<b>102</b>
5.1. La conservación vial.....	102



5.1.1. Importancia de conservar un camino.....	102
5.2. Ciclo de vida de los caminos .....	103
5.2.1. Ciclo de vida fatal.....	103
5.2.2. Ciclo de vida con mantenimiento .....	104
5.2.3. Ciclo de vida deseable .....	105
5.3. Actividades de mantenimiento .....	105
5.3.1. Actividades de mantenimiento rutinario .....	105
5.3.2. Actividades de mantenimiento preventivo .....	105
5.3.3. Actividades para rehabilitación .....	106
5.4. Criterios para determinar el nivel de intervención .....	106
5.4.1. Condiciones de la vía.....	106
5.4.2. Determinación del tipo de mantenimiento preventivo .....	107
5.5. Diseño del tipo de mantenimiento preventivo con materiales del sector .....	109
5.5.1 Ensayos de Laboratorio .....	110
5.5.1.1. Diseño del Mortero Asfáltico .....	111
5.5.1.1.1. Agregados .....	111
5.5.1.1.1.1. Ensayo de Granulometría (ASTM C-136 – ASTM C-117) .....	111
5.5.1.1.1.2. Ensayo de Equivalente de Arena (ASTM D-2419).....	113
5.5.1.1.1.3. Ensayo de Reactividad – Azul de metileno (ISSA TB -145).....	114
5.5.1.1.2. Mezcla.....	114
5.5.1.1.2.1. Ensayo mezcla.....	115
5.5.1.1.2.2. Ensayo de Cohesión (ISSA TB – 139).....	118
5.5.1.1.2.3. Ensayo de Abrasión Húmedo WTA (ISSA TB-100) .....	119
5.5.1.1.2.4. Ensayo Rueda Cargada (ISSA TB 109) .....	121
5.6. Criterios de Diseño .....	122
5.6.1. Conclusiones y Recomendaciones .....	124
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>125</b>
<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL .....</b>	<b>125</b>
6.1. Volumen de obra .....	125
6.2. Análisis de Precios Unitarios.....	125
6.3. Presupuesto Referencial.....	127
<b>CAPÍTULO VII.....</b>	<b>128</b>

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>128</b>
7.1. Recomendaciones .....	128
7.2. Conclusiones.....	129
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>132</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>138</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo No. 1. Inventario Vial .....	138
Anexo No. 2. Evaluación del pavimento .....	151
Anexo No. 3. Conteo manual de tráfico .....	159
Anexo No. 4. Análisis de precios unitarios .....	162
Anexo No. 5. Ábacos para determinar el valor de deducción (VDT) y el valor de Deducción corregida (VDC).....	167

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Ubicación geográfica y características de la vía.....	5
Tabla 1.2. Precipitación media (mm) .....	5
Tabla 1.3. Temperatura promedio anual (°C) .....	6
Tabla 1.4. Valores de velocidad del viento (m/seg) .....	6
Tabla 2.1. Tráfico Promedio Diario Anual .....	9
Tabla 2.2. Tipos de Carreteras .....	10
Tabla 2.3. Tipo de superficie de rodadura .....	12
Tabla 2.4. Índice de Condición del Pavimento (PCI) y Escala de Graduación .....	27
Tabla 2.5. Levantamiento visual de daños en el pavimento .....	31
Tabla 2.6. Tipos de fallas en Pavimentos Flexibles .....	34
Tabla 2.7.- Criterios normativos de tráfico.....	72
Tabla 2.8.- Granulometría de los agregados.....	73
Tabla 2. 9.- Granulometría para morteros asfálticos .....	74
Tabla 2. 10.- Requerimientos para los agregados.....	74
Tabla 2. 11.- Medición subjetiva del IRI .....	82
Tabla 2. 12.- Escala de calificación de la serviciabilidad según AASHO.....	83
Tabla 3. 1.- Características generales de la vía.....	84
Tabla 3. 2.- Inventario de Fallas en el Pavimento Flexible .....	87
Tabla 3. 3.- Cálculo del PCI .....	88
Tabla 3. 4.- Índice de Rugosidad del Pavimento.....	91
Tabla 3. 5.- Serviciabilidad.....	92
Tabla 4. 1.- Análisis de resultados del Inventario Vial (Long y Ancho Promedio) .....	93
Tabla 4.1.1.- Análisis de resultados del Inventario Vial (Guardavías).....	93
Tabla 4.1.2.- Análisis de resultados del Inventario Vial (Cunetas) .....	94
Tabla 4.1.3.- Análisis de resultados del Inventario Vial (Muros de Hormigón) .....	95
Tabla 4.1.4.- Análisis de resultados del Inventario Vial (Coordenadas y Gradiente) .....	96
Tabla 4. 2.- Condición del pavimento .....	97
Tabla 4. 3.- Porcentaje de condición del pavimento.....	97
Tabla 4. 4.- Falla predominante.....	98
Tabla 4. 5.- Resumen del conteo de tráfico .....	99

Tabla 4. 6.- Análisis de Resultados (IRI) .....	100
Tabla 4. 7.- Análisis de resultados del estudio de Serviciabilidad .....	101
Tabla 5. 1.- Mantenimiento Preventivo .....	106
Tabla 5. 2.- Tipo de Carreteras .....	107
Tabla 5. 3.- Fallas Predominantes .....	107
Tabla 5. 4.- Tipo de Mantenimiento según Volumen y Tipo de Tráfico.....	108
Tabla 5. 5.- Ensayo de Granulometría.....	111
Tabla 5. 6.- Ensayo de Granulometría (Comprobatorio).....	112
Tabla 5. 7.- Ensayo de Equivalente de Arena.....	113
Tabla 5. 8.- Ensayo de Reactividad .....	114
Tabla 5. 9.- Resumen de Resultados “Ensayos de Mezcla” .....	117
Tabla 5. 10.- Formula de Trabajo .....	121
Tabla 5. 11.- Criterios de Diseño.....	122
Tabla 5. 12.- Características del material pasante a la malla.....	123
Tabla 5. 13.- Granulometría .....	123
Tabla 6. 1.- Volumen de Obra .....	125
Tabla 6. 2.- Análisis de Precios Unitarios Rubro 1 .....	126
Tabla 6. 3.- Presupuesto Referencial .....	127

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1. Ubicación del Proyecto .....	3
Gráfico 1.2. Ubicación de la vía Izamba-Píllaro, tramo Yacupamba – Redondel de ingreso .....	4
Gráfico 2.1. Elementos que integra una carretera .....	11
Gráfico 2.2. Estructura del Pavimento.....	14
Gráfico 2.3. Estructura del pavimento flexible.....	16
Gráfico 2.4. Estructura del pavimento rígido .....	16
Gráfico 2.5. Estructura de pavimento semi-rígido .....	17
Gráfico 2.6. Estructura de pavimento híbrido .....	17
Gráfico 2.7. Comportamiento del pavimento .....	18
Gráfico 2.8. Implicaciones Económicas de diferir inversiones de rehabilitación .....	21
Gráfico 2.9. Implicaciones de diferentes estrategias en la condición del pavimento .....	22
Gráfico 2. 10.- Representación gráfica del modelo "Cuarto de Carro" .....	80
Gráfico 2. 11.- Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos.....	81
Gráfico 3. 1.- Valores de deducción.- Falla No.1 “Piel de Cocodrilo” .....	88
Gráfico 3. 2.- Valores de deducción Corregido .....	90
Gráfico 4. 1.- Conteo de Tráfico vía Izamba – Píllaro .....	99
Gráfico 5. 1.- Ciclo de vida fatal de los caminos .....	103
Gráfico 5. 2.- Ciclo de vida con Mantenimiento .....	104
Gráfico 5. 3.- Ciclo de vida deseable.....	105
Gráfico 5. 4.- Definición de SLURRY SEAL .....	109
Gráfico 5. 5.- Diseño de Mantenimiento Preventivo .....	110
Gráfico 5. 6.- Ensayo de Granulometría.....	112
Gráfico 5. 7.- Ensayo de Granulometría (Comprobatorio).....	113
Gráfico 5. 8.- Ensayo de Cohesión, Temperatura Ambiente (Con Luz Solar).....	118
Gráfico 5. 9.- Ensayo de Cohesión, Temperatura Ambiente (Bajo sombra).....	119
Gráfico 5. 10.- Ensayo de Cohesión, Laboratorio 18 °C (Bajo sombra, sin presencia de corrientes de aire) .....	119
Gráfico 5. 11.- Ensayo de Abrasión Húmedo WTA (ISSA TB-100).....	120

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 2.1. Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad (L) .....	35
Imagen 2.2. Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad (M) .....	36
Imagen 2.3. Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad (H) .....	36
Imagen 2.4. Grietas de contracción (Bloque), Nivel de severidad (L) .....	38
Imagen 2.5. Grietas de contracción (Bloque), Nivel de severidad (M) .....	38
Imagen 2.6. Grietas de Contracción (Bloque), Nivel de severidad (H) .....	39
Imagen 2.7. Grietas de Borde, Nivel de severidad (L) .....	40
Imagen 2.8. Grietas de Borde, Nivel de severidad (M) .....	40
Imagen 2.9. Grietas de Borde, Nivel de severidad (H) .....	40
Imagen 2.10. Grietas de Reflexión de Juntas, Nivel de severidad (L) .....	41
Imagen 2.11. Grietas de Reflexión de Juntas, Nivel de severidad (M) .....	42
Imagen 2.12. Grietas de Reflexión de Juntas, Nivel de severidad (H) .....	42
Imagen 2.13. Fisuras Longitudinales y Transversales, Nivel de severidad (L) .....	44
Imagen 2.14. Fisuras Longitudinales y Transversales, Nivel de severidad (M) .....	44
Imagen 2.15. Fisuras Longitudinales y Transversales, Nivel de severidad (H) .....	45
Imagen 2.16. Abultamientos y/o Hundimientos, Nivel de severidad (M) .....	46
Imagen 2.17. Abultamientos y/o Hundimientos, Nivel de severidad (H) .....	47
Imagen 2.18. Corrugaciones, Nivel de severidad (L) .....	48
Imagen 2.19. Corrugaciones, Nivel de severidad (M) .....	48
Imagen 2.20. Corrugaciones, Nivel de severidad (H) .....	48
Imagen 2.21. Depresiones, Nivel de severidad (M) .....	49
Imagen 2.22. Depresiones, Nivel de severidad (H) .....	50
Imagen 2.23. Ahuellamientos, Nivel de severidad (L) .....	51
Imagen 2.24. Ahuellamientos, Nivel de severidad (M) .....	51
Imagen 2.25. Ahuellamientos, Nivel de severidad (H) .....	51
Imagen 2.26. Desplazamientos, Nivel de severidad (L) .....	52
Imagen 2.27. Desplazamientos, Nivel de severidad (H) .....	53
Imagen 2.28. Hinchamientos, Nivel de severidad (M) .....	54
Imagen 2.29. Hinchamientos, Nivel de severidad (H) .....	54
Imagen 2.30. Baches, Nivel de severidad (L) .....	56
Imagen 2.31. Baches, Nivel de severidad (M) .....	56

Imagen 2.32. Baches, Nivel de severidad (H).....	56
Imagen 2.33. Peladura por Interperismo, Nivel de severidad (L) .....	57
Imagen 2.34. Peladura por Interperismo, Nivel de severidad (M) .....	58
Imagen 2.35. Peladura por Interperismo, Nivel de severidad (H).....	58
Imagen 2.36. Mancha en pavimentos (exudación), Nivel de severidad (L) .....	59
Imagen 2.37. Mancha en pavimentos (exudación), Nivel de severidad (M).....	60
Imagen 2.38. Mancha en pavimentos (exudación), Nivel de severidad (H) .....	60
Imagen 2.39. Agregado Pulido .....	61
Imagen 2.40. Desnivel de Carril – Berma, Nivel de severidad (L) .....	62
Imagen 2.41. Desnivel de Carril – Berma, Nivel de severidad (M) .....	62
Imagen 2.42. Desnivel de Carril – Berma, Nivel de severidad (H).....	63
Imagen 2.43. Bacheo y Zanjas reparadas (Parches), Nivel de severidad (L) .....	63
Imagen 2.44. Bacheo y Zanjas reparadas (Parches), Nivel de severidad (M) .....	64
Imagen 2.45. Bacheo y zanjas reparadas (Parches), Nivel de severidad (H).....	64
Imagen 2.46. Desplazamiento, Nivel de severidad (M) .....	65
Imagen 2.47. Desplazamiento, Nivel de severidad (H) .....	66
Imagen 2.48. Cruce de sumideros de rejilla (cruce de rieles), Nivel de severidad (M) ....	67
Imagen 2.49. Cruce de sumideros de rejilla (cruce de rieles), Nivel de severidad (H) .....	67



## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2.1. Determinación de las unidades de muestreo para la evaluación.....	29
Ecuación 2.2. Selección de unidades de muestreo para inspección .....	30
Ecuación 2.3. Determinación de número máximo admisible de valores deducidos .....	32
Ecuación 2.4. Valor del PCI .....	33
Ecuación 2.5. Tráfico promedio diario anual .....	68
Ecuación 2.6. Tráfico Futuro .....	69

## RESUMEN

La presente investigación hace referencia a una propuesta para definir la mejor opción de mantenimiento preventivo que se pueda aplicar en la vía Izamba-Píllaro, carretera asfaltada que comunica a los cantones Ambato y Píllaro de la Provincia de Tungurahua; prolongando la vida útil de la carretera, evitando el deterioro prematuro de la capa de rodadura y por tanto, inversiones inadecuadas para proceder con la rehabilitación o reconstrucción de la vía.

El estudio inicial o inventario vial consiste en el levantamiento visual de información que, incluye el análisis puntual de las características y elementos de la vía que la conforman como son: condiciones geométricas, sistemas de drenaje (cunetas, alcantarillas, pasos de agua, otros) y sistemas de protección y seguridad (muros, guardavías), además de las condiciones del tráfico presente.

Uno de los aspectos más importantes del estudio constituye la evaluación del pavimento flexible, especificando las fallas presentes, determinando luego la severidad y densidad a fin de establecer el Índice de Condición del Pavimento (PCI), además del Índice de Rugosidad Interna (IRI) y del nivel de servicio (serviciabilidad).

Conociendo la condición del pavimento, se determina que el mantenimiento preventivo es el procedimiento más acertado para prolongar la vida útil de la vía, que consiste en colocar una capa de SLLURY, previamente analizada su composición y características en el laboratorio, mediante los ensayos correspondientes.

Finalmente, se establece el Presupuesto Referencial para el mantenimiento de la vía, basado en el análisis de precios unitarios de acuerdo a la zona y costos actualizados de los materiales, personal operacional y equipos.

Toda la información está apoyada en las Especificaciones Generales para la construcción de Caminos y Puentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador “Subsecretaría de Infraestructura del Transporte” Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP.

# **CAPÍTULO I**

## **GENERALIDADES**

### **1.1. Introducción**

El mantenimiento de la vía consiste en el grupo de actividades que, se desarrollan con el propósito de conservar el buen estado físico de la carretera, así como el dinero invertido en la construcción, rehabilitación y mejoramiento de la misma, teniendo en cuenta las obras que se realizan de forma complementaria. (Consortio Quillamba, 2012, pág. 1)

Hay que tener en cuenta que las vías se van estropeando tengan o no uso. A medida que las redes viales son utilizadas para el transporte de productos, se van deteriorando y al no mantenerse de forma oportuna y adecuada, alcanzan niveles de deterioro que pueden requerir su reconstrucción en periodos relativamente cortos, con relación a la vida útil prevista en la decisión de inversión original.

En este sentido, se plantea que sostener la infraestructura y la movilidad del transporte, ha alcanzado en las últimas dos décadas una gran significación; teniendo en cuenta que los sistemas viales implica una elevada inversión y valor de uso. Por tanto, es fundamental que las instituciones responsables y comprometidas con la construcción, la preservación y la rehabilitación vial, cuenten con las estrategias, herramientas, recursos, técnicas novedosas, posibilidades de financiamiento, y capacidad humana; que les permite lograr la efectividad deseada en relación a dicha gestión, pues el mantenimiento de vías y carreteras constituye un alto elemento de valorización de este capital físico. (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Rumiñahui, 2012, pág. 32)

Como ejemplo de las estrategias y procedimientos asumidos por el Estado Ecuatoriano en cuanto a la construcción y mantenimiento vial, se señala que la provincia de Tungurahua cuenta con una gran red vial asfaltada; la cual se identifica como intercantonal, interparroquial y comunitaria, siendo administrada y por el Gobierno Provincial del lugar. Ello en las cuestiones relacionadas con el mantenimiento, la conservación, la corrección y la rehabilitación de dichas vías; en función de las condiciones estructurales y físicas de la carretera, ya sea por administración directa o por contratación pública. (Guevara, 2009, págs. 33-49)

En relación con la anterior y como profundización en la temática de estudio, otros autores se refieren específicamente a la vía Izamba-Píllaro que, siendo de tipo intercantonal, une a dos ciudades de la provincia de Tungurahua como es el caso de Ambato y Píllaro. Acerca de dicha carretera se destaca los procedimientos de asfalto llevados a cabo hace aproximadamente ocho años, y su rehabilitación implementada seis años después; mediante un método de recapeo. Durante este proceso, se aprecian daños, fracturas y baches en el pavimento, de manera que resulta esencial el mantenimiento y la prevención sistemática; para evitar su destrucción precoz. (Argüello & Martínez, 2004, pág. 48)

Estos autores continúan manifestando que la vía Izamba-Píllaro fue en un primer momento, una carretera empedrada que, se privilegió de las normativas establecidas por el Ministerio de Obras Públicas acerca de la construcción de empedrados, bien extendidos en el Ecuador. Estas reglamentaciones se recopilan en las Especificaciones para la Construcción de Caminos y Puentes MOP 001-F 2002, en el numeral 405-1 “Empedrados”. En el caso de la ejecución de cunetas empedradas, se ha elaborado una nueva especificación, la 405-1 que, resalta la posibilidad de realización de este trabajo. (Argüello & Martínez, 2004, pág. 49)

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

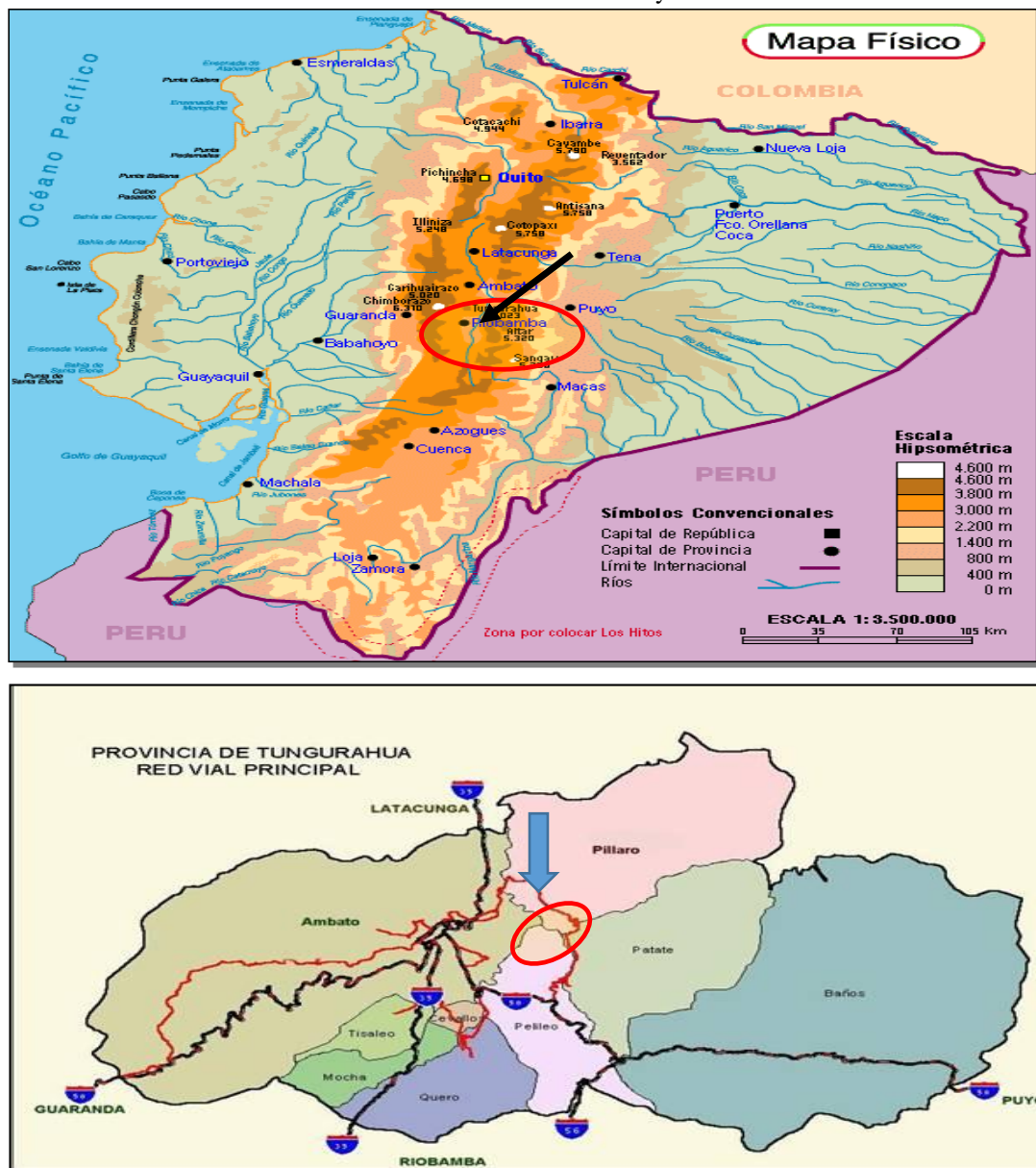
Elaborar un programa de mantenimiento de la vía Izamba (Yacupamba) – Píllaro (Redondel de ingreso), provincia de Tungurahua, para prolongar la vida útil del pavimento.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- a. Determinar las condiciones de la capa de rodadura y demás elementos.
- b. Establecer los tipos de fallas existentes y el Índice de Condición del Pavimento.
- c. Proyectar el mantenimiento preventivo.
- d. Elaborar el presupuesto referencial para el mantenimiento vial.

### 1.3. Ubicación del proyecto

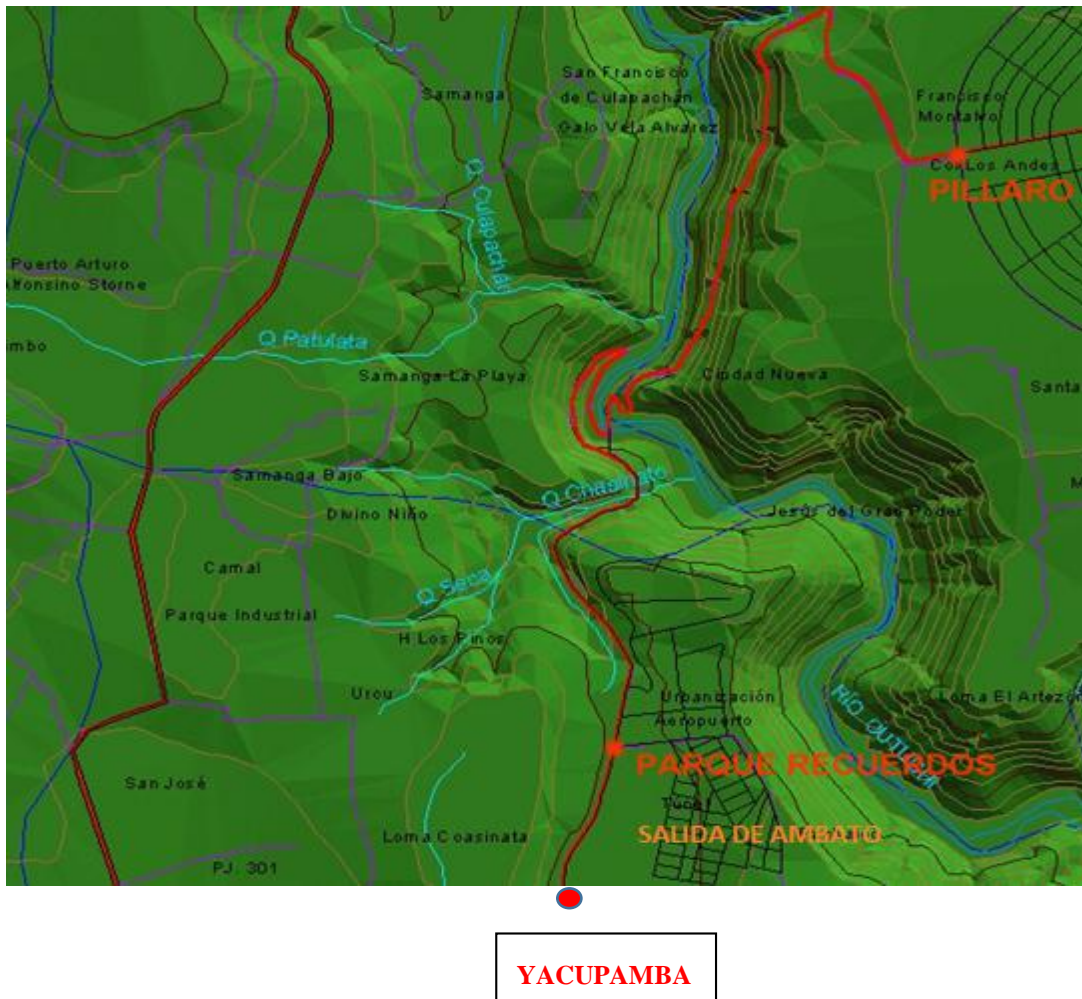
Gráfico 1.1. Ubicación del Proyecto



Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Rumiñahui, 2012)

Consultado por: José Alvarado y Fabián Freile

**Gráfico 1.2. Ubicación de la vía Izamba-Píllaro, tramo Yacupamba – Redondel de ingreso**



**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

### **1.3.1. Características generales de la vía y zona de influencia**

La carretera constituye una arteria vial que enlaza a las ciudades de Píllaro y Ambato, dos principales centros poblados de la provincia de Tungurahua, atraviesa por una zona montañosa, con pendientes abruptas, propia de las hoyas interandinas, con alturas que oscilan entre los 2.400 y 2.800 m.s.n.m., con dirección Noreste. La topografía es irregular, con gradientes mayores al 12 % y taludes de gran pendiente que bordean los 60° y 80°, presenta las siguientes características:

**Tabla 1.1.** Ubicación geográfica y características de la vía

ASPECTOS GENERALES	COORDENADAS		COTA (m.s.n.m)	OBSERVACIONES
	LATITUD	LONGITUD		
Datos Inicio	9865077 N	17767851 E	2.593	Izamba (Yacupamba)
Datos Intermedio	9863811 N	17783850 E	2.377	Puente rio Culapachan
Datos fin	9870285 N	17778385 E	2.720	Ingreso a Píllaro
Longitud de la vía	8.5 km			
Tipo de vía	Tercer orden, montañoso			
Ancho promedio de la calzada	8.73 m			
Tipo de calzada	Carpeta Asfáltica			
Trafico promedio	300 – 600 vehículos día			
Gradiente longitudinal	Entre 2 % y 12,5 %			
Velocidad de diseño	50 km/hora			
Pendiente promedio taludes	60°; 0,5 H – 1.0 V			
Sistema de drenaje	Cunetas de hormigón: 85 %, pasos de agua, alcantarillas			
Otros	Guardavías metálicas dobles, muros de hormigón, señalización horizontal y vertical reglamentarias			

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

### 1.3.1.1. Condiciones climáticas

**Tabla 1.2.** Precipitación media (mm)

Estación	Periodo	Enero	Feb	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic	Total
Aeropuerto	1968-2014	32.2	44.0	53.5	53.6	54.7	38.2	28.8	29.0	41.0	46.3	41.5	40.2	502.9
Píllaro	1964-2014	42.1	56.4	76.8	68.0	55.3	56.8	45.8	39.2	53.2	65.0	67.7	52.4	678.6

**Fuente:** (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2014)  
**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**Tabla 1.3. Temperatura promedio anual (°C)**

Estación	Periodo	Temp. Media Anual (°C)	Temp. Máxima Absoluta (°C)	Temp. Mínima Absoluta (°C)
Aeropuerto	1968-2014	15.4	21,89	8.71
Píllaro	1964- 2014	13.0	18,83	4.08

**Fuente:** (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2014)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**Tabla 1.4. Valores de velocidad del viento (m/seg)**

Estación	Periodo	Enero	Feb	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic	Total
Aeropuerto	1964-2014	2.2	2.1	2.2	1.8	2.0	2.1	2.4	2.4	2.4	2.1	1.9	2.0	2.1
Píllaro	1964-2014	2.5	2.4	2.2	2.0	2.3	2.1	2.3	2.3	2.4	2.3	2.2	2.4	2.3

**Fuente:** (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2014)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

## Conclusiones

- Los meses con menor precipitación son julio-agosto y diciembre-enero.
- Las temperaturas más altas se registran en los meses de octubre y abril, con promedios para la parte central, fluctuantes entre 18 y 21 °C. Los meses más fríos corresponden al período junio y septiembre, con promedios entre 4 y 8 °C.
- La velocidad promedio del viento fluctúa entre 2.1 y 2.3 m/seg, son moderados y sin mayor variación a través del año, esta característica influye en la actividad erosiva del viento.

La zona de influencia de la vía se relaciona a un sector, donde no se presentan mayores cambios climáticos durante el período anual; por tanto, no influyen en la infraestructura y estabilidad de la vía.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Las Carreteras**

##### **2.1.1. Definición**

Una carretera no es más que la parte del terreno que está estructurada de tal manera, que puedan transitar los carros, bajo estándares adecuados de seguridad vial y comodidad. Además, funciona como un factor de comunicación e interacción entre diferentes regiones, comunidades, poblaciones y hasta países. (Beltrán, 2013, pág. 9)

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se hace referencia a tres características fundamentales de las carreteras, entre estas las siguientes:

“La funcionalidad de las vías está relacionada con la posibilidad que brindan para la movilidad de los vehículos, con la velocidad correspondiente”. (Tapuy, 2015, pág. 18)

Su comodidad se refiere a que su estructuración y disposición, disminuyen las aceleraciones y variaciones en el movimiento de los transportes; a la vez que, se combina con las peculiaridades del paisaje por donde transita, teniendo en cuenta las posibilidades de relajación y comodidad que ello ofrece para el chofer de cualquier vehículo. (Beltrán, 2013, pág. 9)

“Por último, el factor económico de las vías, tiene que ver con la menor cantidad de presupuesto de inversión requerida, para su construcción, preservación, mantenimiento y rehabilitación; cuidando siempre su adaptación al ambiente externo que le rodea”. (Tapuy, 2015, pág. 18)

##### **2.1.2. Clasificación de las carreteras en el Ecuador**

###### **a) Por el tipo de terreno**

- **Llano (LL).**- “Esta clasificación tiene que ver con que el terreno tiene el mismo nivel en todas sus partes, es decir que solo presenta algunos desniveles, pero muy leves”. (Beltrán, 2013, pág. 9)

- **Ondulado (O).**- “Es aquella superficie en la que aparecen algunas irregularidades, ya sean crecientes y decrecientes; pero sin muchas significación, permitiendo el fácil acceso a cada una de sus partes”. (López, Pérez, Tello, De la Mata, & Ruiz, 2006, pág. 94)

- **Montañoso (M).**- “Es aquel espacio de superficie en el cual los desniveles e irregularidades son grandemente significativas, siendo mucho más complicado el acceso y la movilidad a través de la mayoría de sus tramos de carretera”. (Beltrán, 2013, pág. 10)

- **Escarpado (E).**- “Se trata de aquella carretera en la que los cambios de pendientes elevadas o depresiones, son bien pronunciados; así como sus laderas, haciendo extremadamente difícil el acceso a la vía, y sobre todo peligroso”. (Beltrán, 2013, pág. 10)

#### **b) Por su jurisdicción**

Teniendo en cuenta su extensión a través de todo el territorio ecuatoriano, esta clasificación se refiere a lo siguiente:

- **Red Vial Estatal.**- “Se relaciona con todas aquellas vías que, se encuentran bajo la administración, supervisión y responsabilidad del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones del Ecuador; máximo organismo responsable en este sentido”. (Macchiavello, 2001, pág. 1)

- **Red Vial Provincial.**- “En este caso se trata de las carreteras que, están bajo la jurisdicción de los Gobiernos de cada provincia del país”. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012, pág. 2)

- **Red Vial Cantonal.**- “Está constituida por las vías urbanas que, comunican a las parroquias y cantones, por lo que están bajo la responsabilidad de los Consejos Municipales”. (Macchiavello, 2001, pág. 1)

#### **c) Por el tráfico proyectado**

De acuerdo al diseño y ejecución de proyectos de carreteras en el Ecuador, se sugiere realizar cálculos y evaluaciones correspondientes al pronóstico del tráfico en ciudades y poblaciones urbanas, durante 15 a 20 años; según

se muestra a continuación: (Beltrán, 2013, pág. 10)

**Tabla 2.1.** Tráfico Promedio Diario Anual

CLASES DE CARRETERAS	TRAFICO PROYECTADO (TPDA)
R-I o R-II	más de 8000 vehículos
I	de 3000 a 8000 vehículos
II	de 1000 a 3000 vehículos
III	de 300 a 1000 vehículos
IV	de 100 a 300 vehículos
V	menos de 100 vehículos

**Fuente:** Normas de Diseño Geométrico MTOP (2003) citadas en (Beltrán, 2013)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**d) Por su función jerárquica**

- **Corredores Viales.-** Son aquellas carreteras de calzadas separadas (autopistas) y de calzada única (I y II), cuentan con una sola superficie de dos carriles, a través de los cuales los vehículos automotores transitan en ambos sentidos. Como complementariedad a su diseño y facilitando el acceso y la circulación, en ocasiones se añaden carriles auxiliares y de servicio, zonas de giros y paradas, y rampas de entrada y salida de la vía. (Tapuy, 2015, pág. 20)

- **Vías Colectoras.-** Se constituyen en las vías tipo I, II, III y IV, y se estructuran sobre todo para incorporar la movilidad vehicular de los caminos vecinales, a los cuales se hará referencia más adelante; y sirven para la transportación de los habitantes de aquellas zonas que no se encuentran en la red nacional. (Beltrán, 2013, pág. 11)

- **Caminos Vecinales.-** Son las carreteras de tipo IV y V, y se vinculan a las áreas rurales no señaladas con anterioridad. (Beltrán, 2013, pág. 11)

Las clasificaciones presentadas previamente, serán resumidas y especificadas en la siguiente tabla, para una mayor profundización en la temática de estudio; y como podrá observarse las diferenciaciones también están relacionadas con la cantidad de vehículos, que transitan por cada una de las vías.

**Tabla 2.2.** Tipos de Carreteras

<b>FUNCION</b>	<b>CLASES DE CARRETERAS</b>	<b>TRÁFICO PROYECTADO</b>
<b>Corredor</b>	R-I o R-II (autopistas)	más de 8000 vehículos
	I	de 3000 a 8000 vehículos
	II	de 1000 a 3000 vehículos
<b>Arterial Colectora</b>	I	de 3000 a 8000 vehículos
	II	de 1000 a 3000 vehículos
	III	de 300 a 1000 vehículos
	IV	de 100 a 300 vehículos
<b>Vecinal</b>	IV	de 100 a 300 vehículos
	V	menos de 100 vehículos

**Fuente:** Normas de Diseño Geométrico de carreteras MTOP (2010) citadas en (Beltrán, 2013).

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

#### **2.1.2.1. Periodo de Diseño**

Este periodo tiene que ver con el tiempo total de cual se dispone para el diseño y ejecución de las obras, asumiendo los recursos y herramientas requeridos; ello en función de las diferentes alternativas y las características de cada carretera o vía, como se señala a continuación:

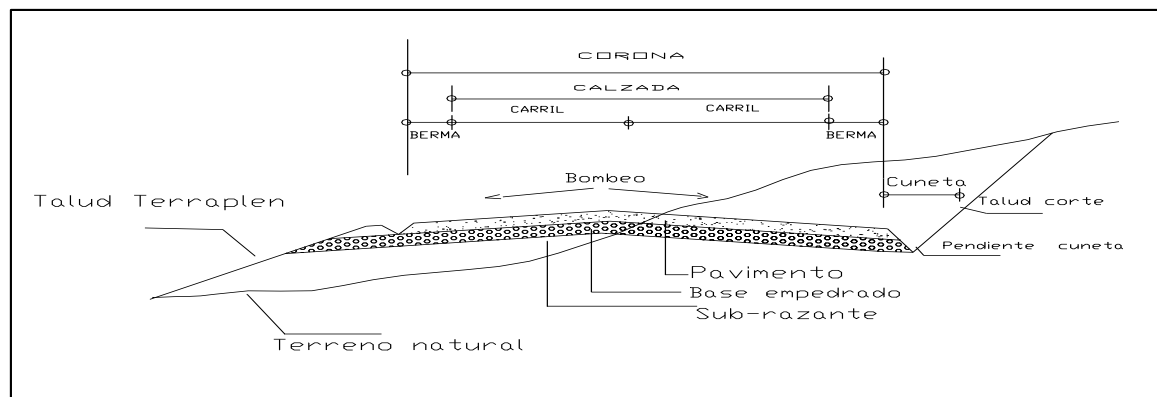
- Pavimento Flexible: 10 años (Periodo inicial) y de 10 a 20 años. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012, pág. 22)

#### **2.1.3. Partes de una carretera**

“Los factores que forman parte e identifican una vía son los siguientes: ancho de zona o derecho de vía, corona, calzada, bermas o espaldones, carriles, cunetas, talud de corte y terraplén, entre otros; a los cuales se hará

referencia a continuación”. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013, pág. 35)

**Gráfico 2.1. Elementos que integra una carretera**



**Fuente:** (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**Ancho de zona o derecho de vía.-** “Es la parte que se dispone para la construcción, mantenimiento, rehabilitación, y ampliación de la vía en momentos futuros que lo requieran; siempre en función del tránsito de vehículos, la seguridad, el ambiente físico y ambiental, entre otros aspectos relacionados”. (Palacios, 2014, pág. 9)

**Bermas o espaldones.-** Se trata de las fajas adyacentes a la calzada que, se encuentran entre los bordes y las líneas que definen el comienzo de las carreteras. Su ancho está en función del tráfico y el servicio que brindará de carretera, y puede cambiar de acuerdo al tipo de vía, terreno y velocidad. Entre sus propósitos fundamentales están: las posibilidades de detenimientos ocasionales de los vehículos, el tránsito de los peatones y ciclistas, para que permitan la circulación segura y tranquila de los automóviles y otros vehículos de motor. Por otra parte, constituye un soporte lateral, mejora la visión en las zonas de curvas, y aumenta el ancho de la calzada. (Palacios A. F., 2014, págs. 60-61)

**Corona.-** “Es la agrupación de la calzada con el área de la vía pavimentada o acondicionada con otra tipología de materiales y recursos”. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002, pág. 20)

**Rasante.-** “Se trata del espacio pavimentado que se encarga de establecer las cotas del eje de referencia de la geometría de la carretera, y se identifica a través de un punto que debe coincidir con la determinación del giro de peralte”. (Ministerio del Transporte, 2008, pág. 153)

**Pendiente Transversal.-** “Es la pendiente que se le otorga al eje de la corona y también de la subrasante de plataforma normal, e incluye a su vez a los elementos que se muestran a continuación”: (Alegria, Ayala, & Fuentes, 2004, pág. 230)

- **Peralte.-** “En este caso se trata de la pendiente que se le da a la corona, en relación a la curva que se forma, para compensar en alguna medida el impacto de la fuerza centrífuga de los carros en curvas de tipo horizontal”. (Navarro, 2013, pág. 52)
- **Bombeo.-** “Es la pendiente que se le da también a la corona, en las curvas de tipo horizontal, pero esta vez para impedir el depósito constante de agua sobre la vía, así como disminuir el fenómeno de hidroplaneo; de lo que se trata es de lograr un desagüe adecuado de dicho líquido. (Navarro, 2013, pág. 55)

**Tabla 2.3. Tipo de superficie de rodadura**

Tipo de superficie de rodadura		Bombeo (%)
Muy Buena	Superficies de hormigón asfáltico	2
Buena	Doble tratamiento superficial bituminoso	2 a 3
Regular a mala	Superficie de tierra o grava	2 a 4

**Fuente:** Normas de Diseño Geométrico de carreteras MTOP (2010) citadas en (Beltrán, 2013)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**Cunetas.-** Son aquellas zanjas que se desarrollan a ambos lados de la vía, para actuar como canalizadoras de las aguas; su estructuración depende de las condiciones y cálculos hidrológicos e hidráulicos, en relación con las lluvias del área, la naturaleza y el ambiente cercano, la pendiente, y el espacio de desagüe. En cuanto

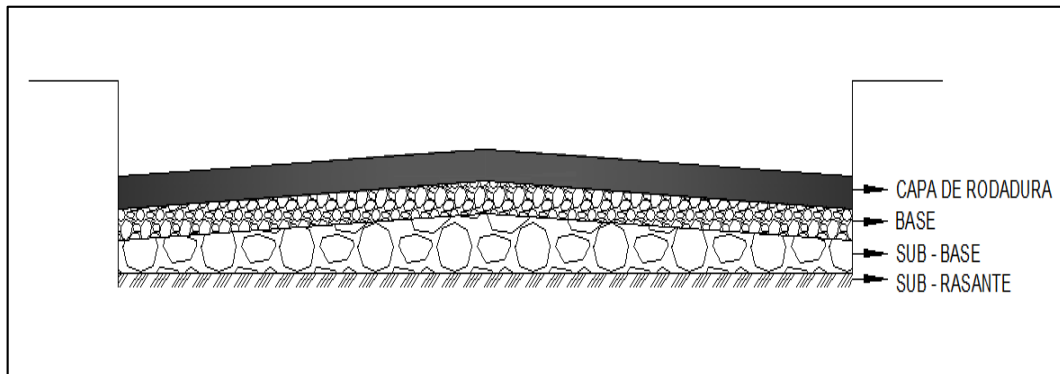
a la seguridad del terreno y la vía, normalmente adquieren una forma de trapecioide, con taludes suaves, fondos amplios y aristas redondeadas, en concordancia con la corona; de acuerdo a las particularidades constructivas, disponen generalmente de una sección triangular. (Ministerio del Transporte, 2008, pág. 154)

**Taludes.-** Son planos también laterales que delimitan la explanada, y su inclinación depende de la tangente del ángulo que se forma en relación a la línea vertical de cada sección de la vía; la definición de su pendiente tiene que ver con la seguridad del usuario de la vía y su transporte, y su estabilidad se vincula a la altura y la naturaleza del suelo o roca. (Ministerio del Transporte, 2008, pág. 155)

#### **2.1.4. El Pavimento**

El pavimento es el elemento de la vía que descansa sobre el subrasante del terreno, se trata de una capa cuyo diseño debe resistir otras capas de asfalto u otros materiales, de diversos grosores; ello durante un periodo de tiempo especificado. Está constituido esencialmente por: el subrasante, y las capas de sub-base, de base y de rodadura; entre sus elementos estructurales y de funcionamiento se encuentran: ancho, esquema vertical y horizontal, resistencia a las cargas para impedir fallas y agrietamientos, y firmeza ante los esfuerzos destructivos del tránsito, la intemperie, el agua, los efectos cortantes, entre otros aspectos. Teniendo en cuenta al usuario de la vía, el pavimento debe otorgarle seguridad, tranquilidad y confortabilidad cuando este transite a través de este; además que el servicio brindado debe ser de calidad y contribuir al bienestar social de las personas. (Rodríguez, 2009, págs. 3-4)

**Gráfico 2.2. Estructura del Pavimento**



**Fuente:** (Olivera, 1998)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

#### **2.1.4.1. Elementos estructurales del pavimento**

**Carpeta Asfáltica.-** Es aquella capa que se pone en el área superior del pavimento, y le proporciona la posibilidad de tránsito y movilidad vehicular; además, se caracteriza por ser impermeable, evitando los peligros de destrucción provocados por el agua en las capas inferiores, contribuyendo así la protección de dichas capas, para distribuir los mecanismo de soporte.

Normalmente se hace con material pétreo y asfalto, de cual resulta trascendental saber su contenido real, y así favorecer la adecuada estructuración de las capas, en cuanto a resistencia; esta capa exterior es la que se encuentra en mayor medida expuesta a los impactos de las condiciones ambientales y físicas, y sobre todo del rodamiento de los vehículos a través de la carretera. De ahí la necesidad de los mantenimientos y la rehabilitación constante de la vía, para conservarla en un estado adecuado. (Rodríguez, 2009, pág. 7)

**Base.-** Es justo la capa que se encuentra debajo de la carpeta asfáltica, y su rol esencial es la de soporte, distribución y transmisión de cargas a la capa inmediata inferior; por tanto, deben contar con la resistencia correspondiente. Se compone de piedra molida, mezcla natural de agregado y suelo, cemento, cal o materiales grasos. (Rodríguez, 2009, pág. 7)



**Subbase.-** Es la capa que se ubica en la región inferior de la base y en la parte superior de la subrasante; también se encarga del soporte, la transmisión y distribución de las cargas correspondientes a la primera capa del pavimento. Está compuesta por materiales granulares que, posibilitan el cumplimiento de sus funciones de drenaje y ascenso del agua a las capas ulteriores; de esta manera se eliminan en gran medida las fallas producidas por las temperaturas del agua. También se encarga de controlar las modificaciones del volumen y la elasticidad del terreno, para precaver los perjuicios al pavimento. (Rodríguez, 2009, pág. 7)

**Subrasante.-** Se trata de la capa que se encuentra a mayor profundidad, y soporta todo el paquete estructura, previendo que no se afecten las cargas de diseño correspondientes a las características del tránsito; se puede formar en corte o relleno en función de las particularidades del suelo, donde se estructura. Debe contar con las propiedades, secciones transversales y pendientes determinadas para la vía; su calidad influye positivamente en el grosor logrado en el pavimento, de manera que debe cumplir la firmeza, incompresibilidad y soporte ante la extensión y reducción debido a los impactos de la humedad, requeridos en este sentido. (Rodríguez, 2009, pág. 8)

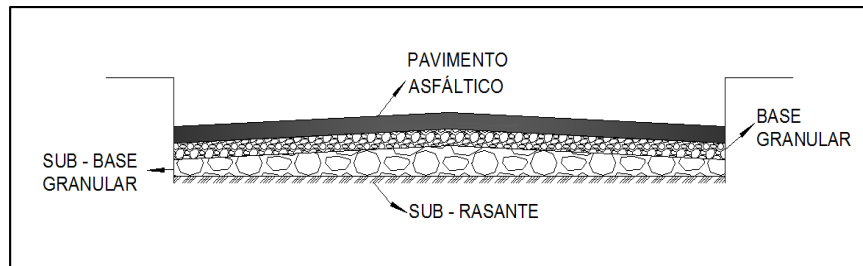
#### **2.1.4.2. Clasificación de los pavimentos**

Algunos plantean que el pavimento no siempre se constituye de las capas señaladas previamente, ello depende de diversos elementos como es el caso del soporte de la subrasante, el tipo de material que se utilizará, la magnitud del tránsito, entre otros; en función de ellos es posible identificar la existencia de tres tipos de pavimento, cuya diferencia fundamental radica en las características del paquete estructural que lo componen, tal y como se muestra a continuación: (Rodríguez, 2009, pág. 4)

**a) Pavimento flexible.-** Este está compuesto por la carpeta asfáltica, que posibilita algunas transformaciones en las capas inferiores, sin que estas afecten la estructura; la base y la subbase,

ambas encargadas de la distribución y transmisión de las cargas provenientes del tránsito vehicular; y por último, la subrasante como soporte del resto de las capas señaladas. (Rodríguez, 2009)

**Gráfico 2.3. Estructura del pavimento flexible**

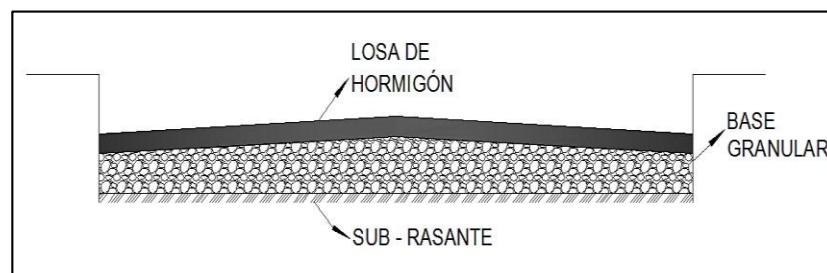


**Fuente:** (Salazar, 2008)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**b) Pavimento rígido.-** Este está conformado por losas de hormigón hidráulico, que a veces contiene un armado de acero; es más caro que el pavimento flexible, al menos inicialmente, su periodo de vida oscila entre 20 y 40 años, y su mantenimiento es mínimo, realizado solo en las juntas de las losas. Este está constituido además, por un conjunto de capas y la distribución de la carga del pavimento, depende de las peculiaridades del sistema capas y se realiza sobre un espacio grande; cuenta con un módulo de elasticidad y de alta resistencia estructural. (Rodríguez, 2009, págs. 4-5)

**Gráfico 2.4. Estructura del pavimento rígido**

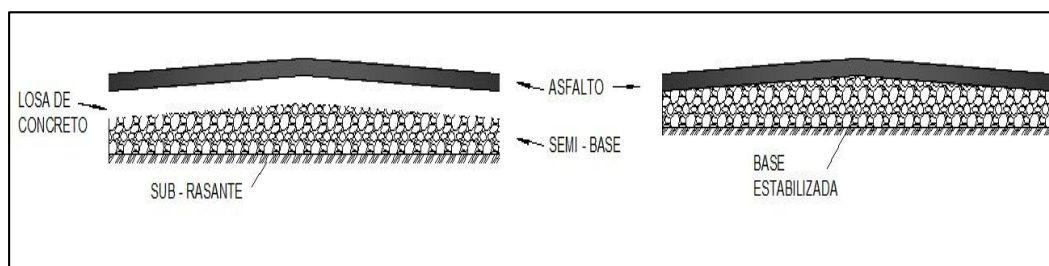


**Fuente:** (Salazar, 2008)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**c) Pavimento Semi-rígido.-** “Son las estructuras que preservan la esencia del pavimento flexible, y varían en diversas capas”. (Rodríguez, 2009, pág. 5)

**Gráfico 2.5. Estructura de pavimento semi-rígido**

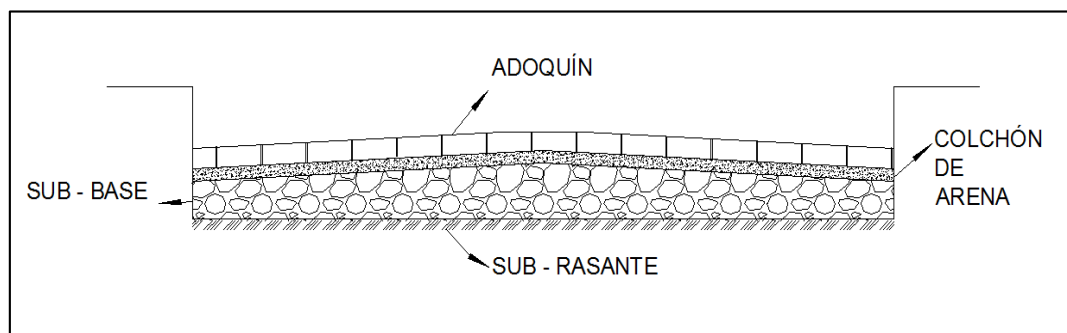


**Fuente:** (Olivera, 1998)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**d) Pavimento híbrido o articulado.-** “Se denomina también como pavimento mixto, y está conformado por una capa de bloque de concreto pre-moldeado; puede ubicarse encima de una subbase, y la colocación de los adoquines del terreno, se hace sobre una capa de arena”. (Rodríguez, 2009, pág. 5)

**Gráfico 2.6. Estructura de pavimento híbrido**



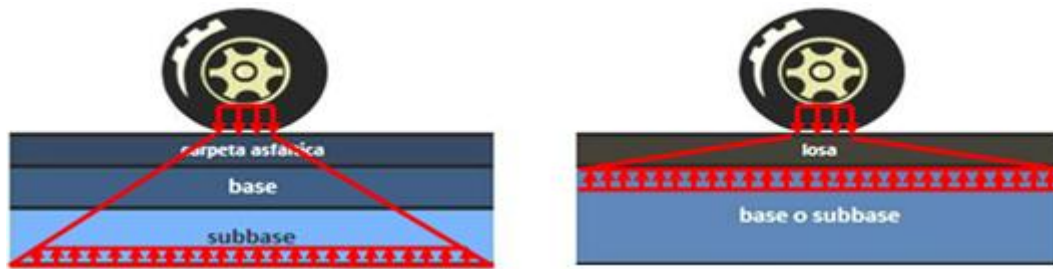
**Fuente:** (Olivera, 1998)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

#### **2.1.4.3. Comportamiento del pavimento frente a cargas de tránsito**

Se entiende que el pavimento está compuesto por varias capas, cuya calidad aumenta en la medida en la que se ubique cerca de la superficie de rodamiento; se estima además que, su variedad depende del tipo de materiales que lo conforman, y su estructuración; mientras otros expertos en el tema señalan que, la diferencia estriba en la manera de distribuir las cargas sobre la subrasante. (Hidalgo, 2007, pág. 33)

**Gráfico 2.7. Comportamiento del pavimento**



**Fuente:** (Olivera, 1998)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

#### **2.1.4.4. Factores que influyen en el diseño de los pavimentos flexibles**

Teniendo en cuenta que los pavimentos flexibles son un conjunto o sistema bien estructurado, entonces es importante asumir la prevalencia de los siguientes factores en su composición:

**a) Resistencia estructural.-** Los métodos utilizados para evaluar el nivel de *resistencia* del pavimento, proviene de la mecánica de los suelos, y como teorías de mayor relevancia, aparecen las del esfuerzo cortante; las cuales se repiten en el caso de los pavimentos flexibles.

Adicionalmente a dichos esfuerzos, actúan otros que se originan debido a la aceleración y frenaje de los carros que circulan por el pavimento, y también aquellos esfuerzos de tensión que, se producen en las capas superiores de la estructura. En la identificación de la resistencia de los materiales utilizados para el diseño y ejecución del pavimento, intervienen el tipo de suelo y su tratamiento, su interacción con el impacto de la intemperie y el agua. (Hidalgo, 2007, pág. 34)

La valoración de resistencia de dichos materiales, es importante a partir de dos puntos de vista esenciales:

I- “La capacidad de carga de las capas que conforman el pavimento, en función de la garantía de soporte de las cargas del tránsito.

II- Específicamente, la capacidad de carga de la subrasante; como vínculo determinante entre el pavimento y la terracería, actuando como soporte de los esfuerzos transmitidos y como emisor de dichos esfuerzos a las capas correspondientes. (Hidalgo, 2007, pág. 35)

b) **Deformabilidad.-** Este aspecto es de lata significación en la conformación del pavimento, debido a: la información que brindan acerca de las fallas asociadas, y la imposibilidad de funcionamiento del pavimento, ante lo cual es necesarios adoptar medidas de restauración y rehabilitación.

Por otro lado, se plantea la existencia de dos tipos de deformaciones, las elásticas que son de recuperación instantánea, y ocurren ante materiales de poca resistencia a la tensión que, son ubicados en el espacio superior de la estructura; y las plásticas que, por el contrario tardan en solucionar, incluso luego de desaparecer el factor causante de la deformación, alcanzando niveles insostenibles. (Hidalgo, 2007, pág. 36)

c) **Durabilidad.-** Este factor se relaciona con diversos elementos de orden económico y social del mismo terreno; cuando se trata de un camino de mucho tránsito y gran repercusión económica, entonces se deben estructurar pavimentos de elevada durabilidad que, eviten inversiones significativas en restauraciones e interrupción de un tráfico relevante. En este sentido, aparecen algunos inconvenientes relacionados con el impacto del clima y el tránsito, así como tampoco se dispone de algún método que evalúe la durabilidad del terreno, desde el punto de vista modo cuantitativo, racional y objetivo. (Hidalgo, 2007, pág. 37)

d) **Costo.-** Este aspecto tiene que ver con la valoración y el equilibrio alcanzado entre la resistencia, estabilidad, durabilidad y calidad del terreno, y el momento de dinero invertido al respecto; resaltando que su diseño y ejecución serán adecuados, cuando satisfagan al mismo tiempo los requisitos de estructuración y de gasto monetario.

De acuerdo con ello, resulta significativo la selección del tipo de pavimento que sería conveniente implementar, analizando cada uno comparativamente; se entiende que los rígidos requiere poca inversión en mantenimiento y restauración, pero sí en cuanto a su construcción inicial, demandando materiales específicos y un equipo altamente cualificado para llevarlo a cabo.

Los flexibles, implican una menor inversión previa, pero su preservación es mucho más elevada; y los semirrígidos resultan útiles cuando se cuenta con recursos, que los hacen convenientes. Es importante señalar que la elección más acertada debe conjugarse con las características de la situación de que se trate. (Hidalgo, 2007, pág. 38)

**e) Requerimientos de conservación.-** En cuanto a los factores que intervienen en la valoración de las necesidades de conservación de un espacio determinado, son: el clima, la magnitud del tránsito en la zona, las condiciones de drenaje y subdrenaje; todo ello con la intención de prever situaciones futuras de fallas, deformaciones o derrumbes que, exijan metodologías de conservación. Otro de los elementos que intervienen se refieren a: la degradación estructural de las capas constituidas por carga repetida, para evitar los elevados costos en conservación o las necesidades de reconstrucción cuando no existen otras alternativas, por la degradación del terreno. (Hidalgo, 2007, pág. 38)

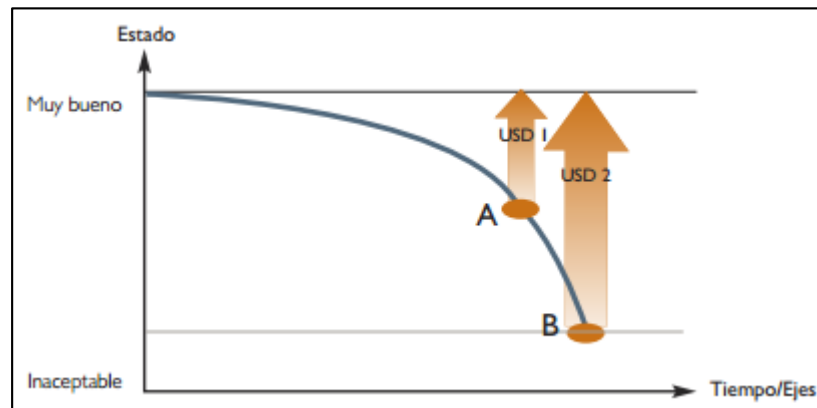
**f) Comodidad.-** Está relacionada esencialmente con el buen servicio que se le debe brindar a los usuarios de la vía, en cuanto a calidad del rodamiento y la velocidad; se incluyen: la seguridad y la estética, teniendo en cuenta su impacto en las reacciones psicológicas del chofer. Algunos ejemplos causantes de incomodidad son las deformaciones longitudinales de un pavimento. (Hidalgo, 2007, pág. 39)

#### **2.1.4.5. Implicaciones económicas de diferir inversiones de rehabilitación**

Teniendo en cuenta las implicaciones económicas que el deterioro de una carretera ocasiona en los usuarios de la vía y en el costo de inversión previsto, para su rehabilitación, entendida esta como el

grupo de técnicas y metodologías necesarias para devolver el camino a su condición inicial; se puede observar a continuación las diferencias específicas entre una y otra característica, siendo posible determinar el tipo y la posibilidad de llevar a cabo dichas actividades de mantenimiento y restauración. (CAF, 2010, pág. 10)

**Gráfico 2.8. Implicaciones Económicas de diferir inversiones de rehabilitación**



**Fuente:** (CAF, 2010)

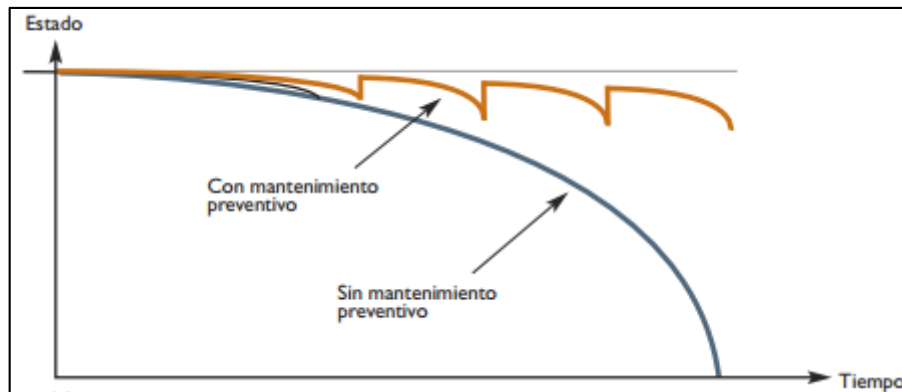
**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

Del gráfico anterior se desprende que cuando el pavimento está en la posición A, el periodo de tiempo estimado hasta llegar a la posición B es relativamente corto; comparado con el punto de inicio hasta el A. También es posible señalar que las inversiones económicas son menores en A que en B, y es en ese momento cuando se valora cuál es el método de mantenimiento que resulta más provechoso, para lograr el equilibrio necesario en la relación técnica y económica de la vía. (CAF, 2010, pág. 11)

Además, se entiende que la metodología de conservación y/ rehabilitación escogida, impactará positiva o negativamente en el servicio que se le brinde al usuario de la vía. Como se puede observar, cuando se lleva a cabo un mantenimiento de prevención, la vía alargará su vida útil y no sufrirá daños irreversibles que afecten al usuario, según se percibe en la curva color naranja; mientras cuando el mantenimiento es inadecuado, entonces la vía

colapsará como se aprecia en la curva azul. Ambos momentos se exponen a continuación: (CAF, 2010, pág. 11).

**Gráfico 2.9. Implicaciones de diferentes estrategias en la condición del pavimento**



**Fuente:** (CAF, 2010)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

#### **2.1.4.6. Tipos de fallas en el pavimento**

Existe una gran diversidad de factores de riesgo que, actúan como causales determinante en las fallas que, se pueden producir durante el periodo de servicio que brinda el pavimento a los usuarios, desde el punto de vista de la seguridad, la comodidad y la economía. Entre estas causas, se pueden mencionar las siguientes: (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 44)

- Fin del tiempo de diseño original y falta de actividades de rehabilitación y restauración a lo largo de este, en dicho caso la falla que se produce en el pavimento es la prevista o esperada.
- Aumento del tránsito, en relación con previsiones realizadas durante el periodo de diseño de la vía.
- Dificultades evidentes durante la construcción del pavimento, tanto en la metodología empleada como en los materiales utilizados.
- Diseño inadecuado, se producen fallas en la estimación del tránsito o de las características de los materiales usados.



- Elementos del clima que se producen de manera imprevista, como es el caso del drenaje superficial y/o subterráneo.
- No se llevan a cabo los procesos de mantenimiento y/o rehabilitación de los pavimentos, o se hace de manera insuficiente. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 44)

Por otra parte, se plantea que existen dos clasificaciones para las fallas que se producen en el pavimento, estas pueden ser funcionales superficiales y estructurales, las cuales serán detalladas a continuación: (Magallanes & Laica, 2011)

#### ***2.1.4.6.1. Fallas superficiales***

La falla se presenta en la superficie de la capa asfáltica. (Magallanes & Laica, 2011, pág. 5)

#### ***2.1.4.6.2. Fallas Estructurales***

En este caso, se trata de defectos en una o más capas que componen el pavimento, las cuales se encargan de resistir y distribuir los esfuerzos que actúan como impactos directos del tráfico; de ahí que a las capas más inferiores llegue menos esfuerzos y bien repartidos. (Magallanes & Laica, 2011, pág. 6)

## **2.2. Inventario Vial**

Se entiende que el inventario vial no es más que, los procesos de contabilización de las características físicas y geométricas del pavimento, así como de la valoración de la importancia y significación del desarrollo la vía, para satisfacer el tránsito de los carros, y la circulación de materiales y personas. Algunas de los elementos a tener en cuenta, para llevar a cabo las actividades de inventario, son los siguientes: importancia, tipo de tránsito, condiciones del terreno, materiales utilizados en cada una de las capas que conforman la estructura del pavimento; pues la evaluación de dichas particularidades repercute positivamente en la capacidad de rodamiento de la vía, y en las proyecciones relacionadas con el mantenimiento, la conservación, el mejoramiento y la seguridad del tránsito de los usuarios. (Almeida, 2008, pág. 9)

### **2.2.1. Parámetros del inventario vial**

El trabajo que se desarrolla en el campo de acción, posibilita la observación y evaluación de las características y condiciones de la vía; para ello se emplea el Manual para Inventariar Vías que, es presentado por Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, con algunas transformaciones, pero que en esencia conduce a la determinación de las particularidades de la vía de que se trate. (Almeida, 2008, pág. 10)

En este sentido, los parámetros que se debe tener en cuenta para realizar el inventario vial y estar en mejores condiciones de desarrollar las actividades de mantenimiento y conservación, son los siguientes:

- Localización y descripción del área de influencia directa, poblados, puentes, entre otros.
- Extensión de los tramos y medida de áreas en las que se ejecutará el inventario, a lo cual se denomina: abscisado manual.
- Ancho de la calzada.
- Ancho de las bermas, que se extiende hasta el área de estacionamiento emergente, la cual se encuentra localizada en la región exterior de la calzada.
- Sistemas de drenajes: cunetas, alcantarillas, pasos de agua.
- Señalizaciones y seguridad vial.
- Otros elementos: guardavías, muros, sistemas de contención vehicular. M.T.O.P (1990) citado en (Quintero, 2011, págs. 66-70)

### **2.2.2. Índice de Condición del Pavimento (PCI)**

En cuanto al Índice de Condición del Pavimento, se entiende que es uno de los métodos más utilizados y precisos, para cuantificar numéricamente el estado actual de un pavimento; teniendo en cuenta que al disponer de una medición exacta en este sentido, entonces se podrá realizar una proyección futura mucho más precisa también. Ello mediante la estandarización que proporciona la ASTM D 6433 (Bardales & Cheng, 2013, pág. 72)

Este índice se comienza a desarrollar entre 1974 a 1976, gracias al trabajo de un grupo de ingenieros pertenecientes a la fuerza aérea de los Estados Unidos, entre los que se destacan Mohamed Y. Shahin, Michael L. Darter y Starr D. Kohn; todos pertenecientes a dicha estructura. Su propósito de creación no es otro que el de contar con un sistema oportuno, para la administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles. Su característica fundamental es la posibilidad que brinda, de determinar el estado o condición actual de un pavimento, mediante la realización de inspecciones visuales en la superficie de la carretera; lo cual permite apreciar detalladamente: los tipos, severidad y cantidad de deterioros, severidad y cantidad, así como sus posibles causas. (Bardales & Cheng, 2013, pág. 74)

De acuerdo a esto último, se expresa que existe una gran variedad y combinación de tipos, gravedad y magnitud de los deterioros, es por ello que el índice funciona a partir de un *valor deducido*; que nos es más que el factor de ponderación, para mostrar en qué nivel dichas deficiencias, afectan el estado del pavimento. (Bardales & Cheng, 2013, pág. 78)

Por otra parte, se plantea que el Índice de Condición del Pavimento, no está diseñado para resolver los elementos de seguridad de la vía; sino con la intención de alcanzar un indicador de la integridad estructural del pavimento y el estado de operaciones y funcionamiento de la superficie, para proceder con precisión a su posterior tratamiento y mantenimiento. (Rodríguez, 2009, pág. 27)

A continuación se especifican y detallan, los objetivos esenciales que se desean obtener con la implementación del Método:

- a) Identificar las condiciones de integridad estructural y seguridad que brinda el pavimento a los beneficiarios de la vía.

En cuanto a la integridad estructural, se entiende la resistencia que disponen cada una de las capas, para soportar los esfuerzos provenientes del tránsito de vehículos y condiciones climatológica; la cual puede determinarse de manera indirecta mediante el Índice de Condición del Pavimento.

En relación con el servicio que brinda el pavimento, se identifica con la comodidad y seguridad, con la cual puedan transitar los usuarios de la vía.

b) Alcanzar un índice que, posibilite la comparación mediante criterios homogéneos, el estado y comportamiento del pavimento; y así sustentar de forma precisa y cuantificable, las actividades de mantenimiento y restauración necesarios en la vía, según el inventario realizado en la misma, y sobre todo seleccionar la metodología y los recursos más adecuados para llevarlas a cabo. (Rodríguez, 2009, pág. 28)

### 2.2.3. Términos fundamentales

En relación con lo anterior, se exponen los términos fundamentales que se usan en este método, los cuales resultan de trascendental importancia para su entendimiento y puesta en marcha:

- **Red de pavimento.-** Incluye el grupo pavimentos que van a ser inventariados, se trata de una unidad o sistema integrado, y tiene una función específica; entre estos pueden citarse las avenidas y los aeropuertos.
- **Tramo de pavimento.-** Se trata de las partes en las que se compone el pavimento.
- **Sección de pavimento.-** Es un espacio diseñado para la construcción, preservación y utilización; que cuenta con similar magnitud de tráfico y fuerza de carga.
- **Unidad de muestra del pavimento.-** Se entiende como una parte determinada de cualquier sección de pavimento, cuyo tamaño estándar se muestra en  $225 \pm 90 \text{ m}^2$ .
- **Muestra al azar.-** Es la unidad de análisis de la sección de pavimento, que se escoge para realizar las inspecciones correspondientes en cuanto al estado del pavimento; la cual se selecciona mediante muestreo aleatorio.
- **Muestra adicional.-** Se trata también de una unidad de análisis de la sección del pavimento, pero que se añade a las seleccionadas de forma aleatoria, para incluir algunas muestras no representativas en la identificación del estado del pavimento a inspeccionar; entre estas muestras adicionales se incluyen aquellas atípicas y que no tienen

deteriores llamativos, como es el caso de los cortes que se realizan de manera utilitaria para instalar tuberías de agua, electricidad o telefonía.

- **Índice de condición del pavimento (PCI).**- Se trata de la medición numérica y cuantificación del estado del pavimento; oscila entre 0, cuando el pavimento tiene fallas o está en malas condiciones; y (100), para un pavimento que se encuentra en perfecto estado. Es importante señalar que cada uno de los niveles identificados, conlleva un análisis cualitativo.
- **Grado de la condición del pavimento.**- Es la descripción cualitativa antes mencionada, que varía entre fallado y excelente, en conjugación con los valores numéricos hallados; lo cual se expone más adelante.
- **Fallas del pavimento.**- Son los elementos que indican el deterioro del, provocado por la intensidad del tráfico, las condiciones ambientales y físicas, las dificultades constructivas, entre otros. (Rodríguez, 2009, págs. 28-29)

**Tabla 2.4.** Índice de Condición del Pavimento (PCI) y Escala de Graduación.

100	
85	EXCELENTE
70	MUY BUENO
55	BUENO
40	REGULAR
25	MALO
10	MUY MALO
0	FALLADO

**Fuente:** (Rodríguez, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

### 2.3. Modo de valoración de la condición del pavimento.

En este sentido, se plantea que la valoración del estado del pavimento incluye dos momentos fundamentales: una fase de trabajo de campo, en la que se determinan los perjuicios, en función de su clase, severidad y extensión; y una etapa posterior que, se relaciona con el cálculo numérico. Cada uno de estos indicadores se describirán a continuación: (Armijos, 2009, pág. 15)

- **La clase**, se vincula al tipo de deterioro que se ha producido en la superficie del pavimento, entre estos: piel de cocodrilo, exudación, agrietamiento en bloque, abultamientos, etc; lo cual se detallan a lo largo del presente proyecto investigativo.
- **La severidad**, tiene que ver con la condición del deterioro, en función de su crecimiento, pues en la medida en la que el daño sea más severo, entonces las estrategias que se adopten para su restauración deben ser más significativas. En este punto, es necesario que se evalúe la apreciación que tiene el usuario de la calidad de su tránsito por la vía, en cuanto a velocidad. Los diferentes grados de severidad son:
  - a) **Bajo, (B):** Cuando el usuario sufre vibraciones en su vehículo, producto de las fallas en el pavimento, pero no es necesario que disminuya su velocidad. También pueden aparecer abultamientos y hundimientos individuales que, provocan un leve rebote del carro, pero no ocasionan incomodidad para el usuario.
  - b) **Medio, (M):** En este caso los estremecimientos del vehículo son relevantes e implican una disminución de la velocidad, y provocan incomodidad para el usuario.
  - c) **Alto, (A):** Se trata de enormes vibraciones en el vehículo que, demandan una disminución significativa de la velocidad; produciéndose además, una gran incomodidad, peligro y daño para el usuario de la vía.
- **La extensión**, tiene que ver con el espacio o la longitud que se está dañada por cada tipo de deterioro identificado; en el caso de la valoración de pavimentos, dicha tipificación dependerá del número de veces que se repita la falla. (Armijos, 2009, págs. 15-16)

### 2.3.1. Establecimiento de las unidades de muestra para la clasificación

Cuando se habla de la aplicación del Índice de Condición Presente (PCI) de pavimentos, es posible alcanzar tanto la evaluación de un proyecto como de una red; teniendo en cuenta el tamaño de la muestra, y debiendo inspeccionar todas las unidades de análisis. No obstante, cuando esto no sea posible, entonces se procede a calcular el número mínimo de muestreo, a través de la siguiente fórmula: (Villanueva, 2011, pág. 15)

$$n = \frac{N (S)^2}{\frac{e^2}{4} (N - 1) + (S)^2}$$

**Ecuación 2.1.** Determinación de las unidades de muestreo para la evaluación

**Fuente:** (Villanueva, 2011)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

Dónde:

n = número mínimo de secciones a muestrear

N = número total de secciones en el tramo en estudio (área total/área de Sección)

e = error admisible en la estimación del PCI, normalmente 5%

S = desviación estándar del PCI entre las secciones medidas, normalmente se asume un valor de 10%, cuando no se conoce. (Villanueva, 2011, pág. 15)

De acuerdo con ello, se entiende que cuando se realiza la exploración y observación previa, se utiliza una desviación estándar (S), de 10 para pavimento asfáltico y de 15 para los de hormigón; estos indicadores se sustentan en la información recopilada mediante el trabajo de campo y la aplicación de encuestas. Si la valoración particular es distinta, el promedio de la desviación estándar mostrará dicho estado, y deberá utilizarse para la observación preliminar. En las demás observaciones se empleará la desviación estándar real de la exploración principal, en la identificación del número menor de unidades que serán clasificadas; si este es más bajo que cinco, se sugiere tener en cuenta el total de unidades. (Villanueva, 2011, págs. 15-16)

### 2.3.2. Elección de las unidades de muestra para observación.

Se sugiere que las unidades de análisis elegidas estén de la misma manera distribuidas por toda la sección del pavimento y que la principal se seleccione al azar. Este método se denomina “sistema aleatorio” y se especifica en tres pasos: (Villanueva, 2011, pág. 16)

- a) “El intervalo de muestreo (i), es determinado por”: (Villanueva, 2011, pág. 16)

$$i = \frac{N}{n}$$

**Ecuación 2.2. Selección de unidades de muestreo para inspección**

**Fuente:** (Villanueva, 2011)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

Dónde:

N = Número de unidades de muestra aprovechables

n = Número mínimo de unidades para valorar

i = Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo: 3,70 se redondea a 3,00) (Villanueva, 2011, pág. 16)

- b) “El inicio al azar es 0, los demás números son seleccionados entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i. Si  $i=3$ , la unidad de muestreo a evaluar suele ubicarse entre 1 y 3”. (Villanueva, 2011, pág. 16)








- c) “Las unidades de muestreo para la evaluación se identifican como “s”, “s + i”, “s + 2 i”, etc. Si la unidad seleccionada es 3, el intervalo de muestro es 3, y las demás unidades de muestreo a observar serían 6, 9, 12, 15...”. (Villanueva, 2011, pág. 16)



### 2.3.3. Levantamiento visual de daños en el pavimento

La metodología de evaluación para carreteras de asfalto y concreto, se lleva a cabo mediante el llenando de las áreas en blanco en las tablas que se muestran a continuación: (Villanueva, 2011, págs. 16-17)

**Tabla 2.5.** Levantamiento visual de daños en el pavimento

HOJA DE REGISTRO ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE								
NOMBRE DE LA VÍA:		Izamba - Píllaro (Tramo Yacupamba - Ingreso a Píllaro)						
FECHA:		Junio del 2015						
REALIZADO POR:		Alvarado - Freile						
UNIDAD DE MUESTRA:		Abscisa			Área de muestra:			
TIPO DE FALLAS								
1.- Grieta piel de cocodrilo	m2	11.- Baches y zanjas separadas	m2					
2.- Exudación de asfalto	m2	12.- Agregados pulidos	m2					
3.- Grietas concentración (bloque)	m2	13.- Huecos (baches)	No.					
4.- Elevaciones – hundimientos	m	14.- Acceso a puentes	m2					
5.- Corrimientos	m2	15.- Ahuellamientos	m2					
6.- Depresiones	m2	16.- Deformación por empuje	m2					
7.- Grietas de borde	m	17.- Grietas de deslizamiento	m2					
8.- Grietas de reflexión de juntas	m	18.- Hinchamiento	m2					
9.- Desnivel de calzada	m	19.-Disgregación y desintegra.	m2					
10.- Grietas longitud y transversales.	m							
		TIPOS DE FALLA EXISTENTES						
								
TOTAL	BAJA (L)							
	MEDIA (M)							
	ALTA (H)							
CÁLCULO DEL PCI								
TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION	RESULTADOS				
				PCI = 100 - VDC				
				_____				
				_____				
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN (VDT)				CONDICIÓN DEL PAVIMENTO				
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO (VDC)				_____				
				_____				

**Fuente:** (Villanueva, 2011)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

### **Paso 1: Determinación de los valores deducidos (VD)**

- a) Totalizar el tipo y nivel de severidad del daño y reflejar donde indica “Total”. El daño puede calcularse y expresarse en área, longitud o de forma numérica.
- b) Dividir la “Cantidad total” de los perjuicios específicos, según los niveles de severidad, entre el “área muestra” de la unidad de muestreo, se debe expresar el resultado en por ciento. Esta es la “densidad” de la afectación, con el nivel de gravedad determinado para la porción de análisis y muestreo.
- c) Determinar el “Valor Deducido” para perjuicio y su escala de gravedad, mediante la utilización del “valor deducido del daño”, de acuerdo a la variedad de pavimento analizado. (Villanueva, 2011, págs. 18-19)

### **Paso 2: Identificación del número máximo aceptable de valores deducidos (m)**

- a) Si ninguno o uno de los “valores deducidos” es superior a 2, se utiliza el “valor deducido total” en vez del “valor deducido corregido” (CDV).
- b) Señalar los valores deducidos individuales en forma decreciente.
- c) Identificar el “Número máximo de valores deducidos” (m), a través de la siguiente ecuación, para carreteras pavimentadas: (Villanueva, 2011, pág. 19)

$$mi = 1,00 + \frac{9}{98} (100.00 - HDVi)$$

#### **Ecuación 2.3. Determinación de número máximo admisible de valores deducidos**

**Fuente:** (Villanueva, 2011)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

Dónde:

mi = Número máximo aceptable de “valores deducidos, conteniendo la fracción para la unidad muestral i. ( $mi \leq 10$ ).

HDVi = Mayor índice deducido individual para la unidad muestral i.

d = El número de índices individuales deducidos se limita a m, incluida la fracción; al tener menos deducidos que m, entonces se trabaja con los que se dispongan. (Villanueva, 2011, pág. 19)

**Paso 3: Determinación del máximo valor deducido corregido (CDV)**

- a) Encontrar el número de valores deducidos (q) superiores a 2.
- b) Hallar el “valor deducido total”, mediante la adición de los índices deducidos individuales.
- c) Establecer el CDV con el q y el “valor deducido total”, según el tipo de pavimento de que se trate.
- d) Restringir a 2 el menor de los valores deducidos individuales, que sea superior a 2 y reiterar las etapas nuevamente hasta llegar al punto c.
- e) El “máximo CDV” es el mayor valor de los CDV logrados a través de la interacción que se presenta. (Villanueva, 2011, págs. 19-20)

**Paso 4: Calcular el PCI, restando el “máximo CDV” de 100**

$$\text{PCI} = 100 - \text{máx. CDV}$$

**Ecuación 2.4. Valor del PCI**

**Fuente:** (Villanueva, 2011)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

Dónde:

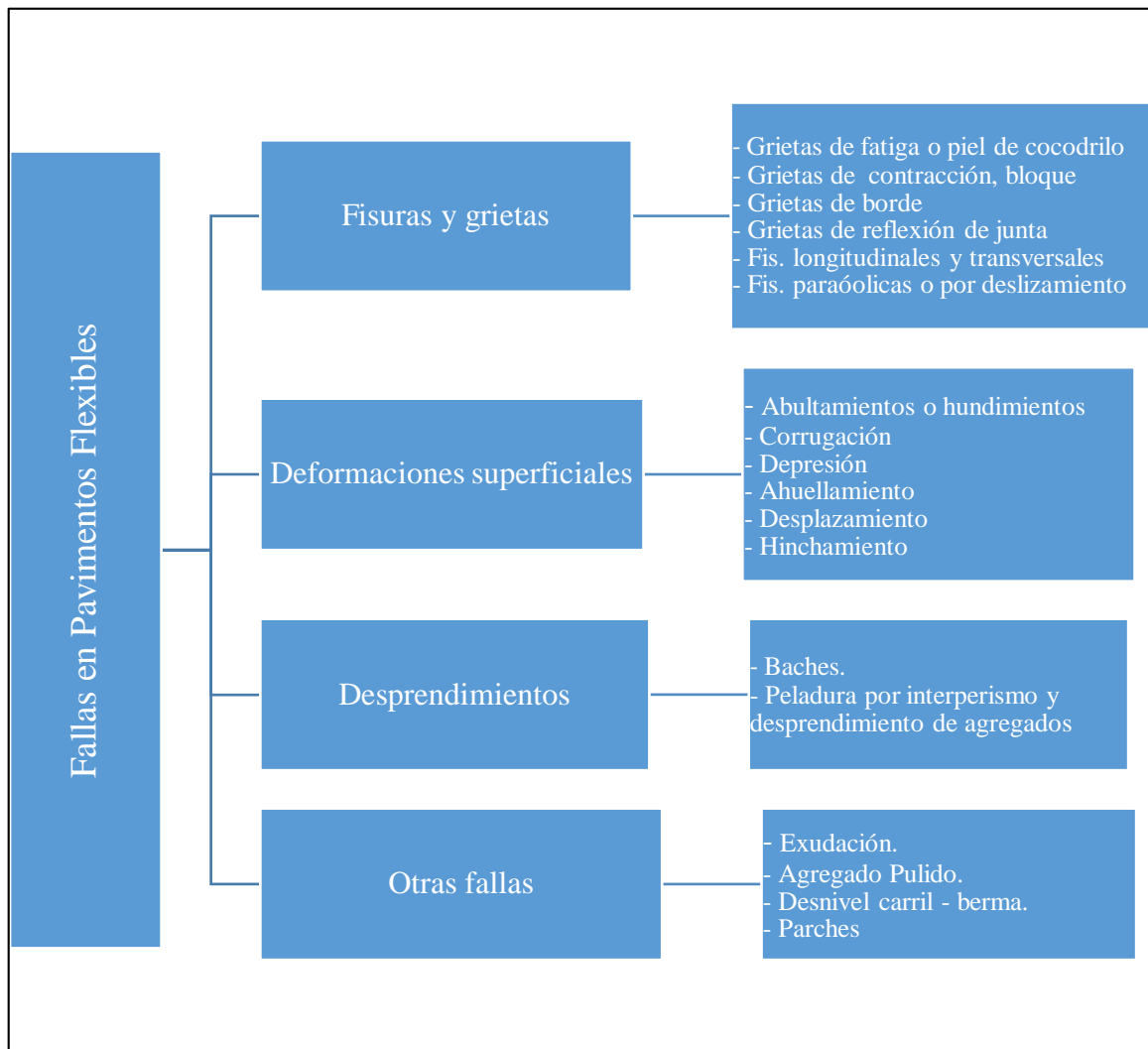
PCI = Índice de Condición Presente

Max. CDV = Máximo Valor Corregido Deducido (Villanueva, 2011, pág. 20)

## **2.4. Tipos de fallas en los pavimentos flexibles**

“Para diagnosticar la condición del pavimento e identificar las estrategias de mantenimiento y restauración, se muestra un conjunto de fallas que van desde la 1 a la 19, según el sistema de convención propuesto por el Método Pavement Condition Index (PCI)”. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 50)

**Tabla 2.6.** Tipos de fallas en Pavimentos Flexibles



**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

## 2.4.1. Descripción, causas y opciones de reparación de fallas

### 2.4.1.1. Grietas de fatiga o piel de cocodrilo

a) Descripción.- Se trata de un conjunto de grietas que están interconectadas por fatiga de la capa de rodamiento, bajo el impacto reiterado de las cargas de tránsito. Comienza en la base de la capa asfáltica, en la que los esfuerzos y desperfectos unitarios de tensión son superiores ante la acción del tráfico. Este es un perjuicio estructural significativo que, normalmente aparece acompañado de ahuellamientos.

Primeramente, las grietas se distribuyen y expanden a la superficie

como grietas longitudinales paralelas, después de sistemáticas influencias de la fuerza del tránsito; dichas grietas se unen en forma de polígonos con ángulos agudos que, asemejan una malla de gallinero o piel de cocodrilo; de ahí su denominación. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, págs. 50-51)

b) Niveles de severidad.-

- Nivel de severidad bajo (L).- Se trata de grietas finas capilares y longitudinales que, se forman paralelamente y sin interrelación alguna. No están “descascaradas” y no muestran pérdida de material a sus lados. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 52)

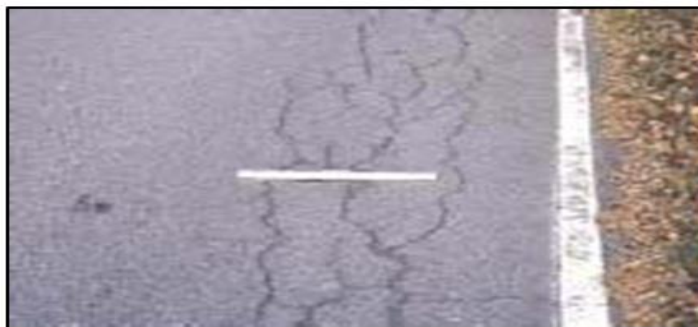


**Imagen 2.1. Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad (L)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad medio (M).- Es el desarrollo posterior de grietas en patrón o red de grietas que, suelen estar ligeramente “descascaradas”, y comienza el proceso de interconexión. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 52)



**Imagen 2.2. Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad (M)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad alto (H).- Es un modelo de grietas, en el cual las partes están bien definidas, así como cada uno de sus bordes. Algunos de estos trozos pueden desplazarse en función del impacto del tránsito, y estar complementadas por ahuellamiento. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 52)



**Imagen 2.3. Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad (H)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- c) Medición.- Se determina en metros cuadrados ( $m^2$ ), según la zona que se encuentra dañada; su principal problema tiene que ver con la combinación de varios niveles de gravedad, en un mismo espacio afectado. No obstante, cuando estas partes pueden distinguirse con sencillez, entonces deben calcularse e indicarse de forma independiente; pues en caso contrario, la totalidad del espacio afectado debe ser evaluada en el máximo nivel de severidad que se presente. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 53)

d) Opciones de reparación.-

L: No se ejecuta ninguna acción, solo se coloca un sello superficial, y la sobrecarpeta

M: Se hace un parcheo parcial o total

H: Se lleva a cabo el parcheo parcial, la sobrecarpeta, y la rehabilitación (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 53)

**2.4.1.2. Grietas de contracción (bloque)**

a) Descripción.- Son aquellas grietas que se interrelacionan entre sí, y dividen el pavimento en porciones, más o menos rectangulares. Esta formación en bloques, puede asumir diferentes tamaños que, oscilan de 0.30 m x 0.30 m a 3.0 m x 3.0 m. Se producen fundamentalmente, debido a que la contracción del asfalto y la variación de la temperatura regular, no se vinculan a las fuerzas ejercidas por el tránsito y tampoco reflejan la dureza y fortaleza del material utilizado.

Su diferencia principal con las grietas tipo piel de cocodrilo, radica en que las fracciones que se constituyen en estas últimas, son más diminutos, de muchos lados y con ángulos agudos; además de que, sí se produce por la acción reiterada de las cargas del tránsito. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 56)

b) Niveles de severidad.-

Nivel de severidad bajo (L)

- Grieta sin relleno de ancho inferior a 10.0 mm
- Grieta rellena de diversa anchura (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 56)



**Imagen 2.4. Grietas de contracción (Bloque), Nivel de severidad (L)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

Nivel de severidad medio (M)

- Grieta sin relleno, espaciado entre 10.0 mm. y 76.0 mm
- Grieta sin relleno, ancho superior a 76.0 mm., que está cercada por otras grietas circundantes, de tamaño inferior (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 56)



**Imagen 2.5. Grietas de contracción (Bloque), Nivel de severidad (M)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

Nivel de severidad alto (H)

- Grieta rellena o no, rodeada de grietas adyacentes pequeñas
- Grieta sin relleno de más de 76.0 mm. de ancho, en la que pocas pulgadas del pavimento a su alrededor, están gravemente dañadas (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 56)





**Imagen 2.6. Grietas de Contracción (Bloque), Nivel de severidad (H)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

c) Medición.- Metros cuadrados ( $m^2$ ) de área afectada. (Vásquez, 2002, pág. 14)

d) Opciones de reparación.-

L: Sellado de grietas con ancho superior a 3.0 mm, riego de sello

M: Sellado de grietas, reciclado superficial, escarificado en caliente y sobre-carpeta

H: Sellado de grietas, reciclado superficial, escarificado en caliente y sobre-carpeta (Vásquez, 2002, pág. 14)

#### **2.4.1.3. Grietas de borde**

a) Descripción.- Se trata de grietas paralelas que, se forman a una longitud entre 0.30 y 0.60 m del borde externo de la carretera. Son ocasionadas producto del estado del clima, la falta de soporte lateral o la existencia de terraplenes construidos con materiales expansivos. El deterioro de la falla se acrecienta por el impacto de las cargas de tránsito. (Vásquez, 2002, pág. 22)

b) Niveles de severidad.-

- Nivel de severidad bajo (L).- Grietas sin disgregación (Vásquez, 2002, pág. 22)



**Imagen 2.7. Grietas de Borde, Nivel de severidad (L)**

**Fuente:** (Vásquez, 2002)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad medio (M).- Grietas con algo de disgregación y rotura de bordes (Vásquez, 2002, pág. 22)



**Imagen 2.8. Grietas de Borde, Nivel de severidad (M)**

**Fuente:** (Vásquez, 2002)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad alto (H).- Considerable rotura de borde y disgregación en grietas (Vásquez, 2002, pág. 22)



**Imagen 2.9. Grietas de Borde, Nivel de severidad (H)**

**Fuente:** (Vásquez, 2002)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- c) Medición.- La grieta de borde se mide en metros lineales. (Vásquez, 2002, pág. 22)

d) Opciones de reparación.-

L: No se adopta ninguna medida, solo se sellan las grietas superiores a 3 mm de ancho

M: Se sellan todas las grietas, y se colocan parches parciales y profundos

H: Se realiza un parcheo parcial profundo (Vásquez, 2002, pág. 22)

#### **2.4.1.4. Grietas de reflexión de juntas**

a) Descripción.- Es la afectación que ocurre únicamente en pavimentos asfálticos que, se construyen encima de una losa de concreto de cemento Portland, no se tienen en cuenta las que ocurren producto de otros tipos de materiales, como cemento o cal. Su origen está dado esencialmente debido al movimiento de la estela de concreto de cemento, provocado por el cambio de temperatura o la humedad; no se vincula a las cargas del tránsito, pero estas sí suelen ocasionar la fractura del concreto asfáltico cerca de la grieta. (Vásquez, 2002, pág. 24)

b) Niveles de severidad.-

Nivel de severidad bajo (L)

- Grieta sin relleno, inferior a los 10.0 mm de ancho
- Grieta rellena de cualquier ancho (Vásquez, 2002, pág. 24)



**Imagen 2.10. Grietas de Reflexión de Juntas, Nivel de severidad (L)**

**Fuente:** (Vásquez, 2002)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

#### Nivel de severidad medio (M)

- Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 y 76.0 mm., que está cercada por grietas adyacentes de menor tamaño.
- Grieta rellena de cualquier ancho, en cuyo alrededor se presentan otras grietas más pequeñas. (Vásquez, 2002, pág. 24)



**Imagen 2.11. Grietas de Reflexión de Juntas, Nivel de severidad (M)**

**Fuente:** (Vásquez, 2002)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

#### Nivel de severidad alto (H).-

- Cualquier grieta rellena o no, que contiene otras grietas más pequeñas a su alrededor.
- Grieta de cualquier ancho, pocas pulgadas de pavimento alrededor de la misma están gravemente fracturadas. (Vásquez, 2002, pág. 24)



**Imagen 2.12. Grietas de Reflexión de Juntas, Nivel de severidad (H)**

**Fuente:** (Vásquez, 2002)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

c) Medición.-

Se realiza en metros lineales, teniendo en cuenta que la extensión y la gravedad de cada grieta deberá reflejarse indistintamente, pues una grieta de 15.0 m puede contener 3.0 m de grietas de alta gravedad. (Vásquez, 2002, pág. 24)

d) Opciones de Reparación.-

L: Se recurre a sellas cuando se trata de grietas mayores a 3.0 mm de amplitud

M: Se sellan todas las grietas y se colocan parches de profundidad parcial

H: Parcheo de profundidad parcial, se rehabilita toda la junta (Vásquez, 2002, pág. 24)

#### **2.4.1.5. Fisuras longitudinales y transversales**

a) Descripción.- Las fisuras se distribuyen por toda la carretera, en ángulos aproximadamente rectos, no están vinculadas a las fuerzas e impactos del tráfico, y suelen estar provocadas por:

1. Una junta de carril de la carretera que se haya construido débilmente.
2. La contracción del asfalto, producto de las bajas temperaturas o el deterioro del material con el tiempo.
3. Una grieta de reflexión que ocurre debido a las grietas en la capa base. (Vásquez, 2002, pág. 28)

b) Niveles de severidad.-

Nivel de severidad bajo (L)

- Fisura sin relleno de ancho inferior a los 10.0 mm
- Fisura rellena de cualquier ancho (Vásquez, 2002, pág. 28)



**Imagen 2.13. Fisuras Longitudinales y Transversales, Nivel de severidad (L)**

**Fuente:** (Vásquez, 2002)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

Nivel de severidad medio: M

- Fisura sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
- Fisura sin relleno de cualquier ancho, cercada por grietas de menor tamaño. (Vásquez, 2002, pág. 28)



**Imagen 2.14. Fisuras Longitudinales y Transversales, Nivel de severidad (M)**

**Fuente:** (Vásquez, 2002)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

Nivel de severidad alto (H)

- Cualquier grieta rellena o no, que su alrededor presenta grietas más pequeñas.
- Fisura sin relleno de más de 76.0 mm de ancho o cualquier ancho, el pavimento alrededor está gravemente quebrantado. (Vásquez, 2002, pág. 28)





**Imagen 2.15. Fisuras Longitudinales y Transversales, Nivel de severidad (H)**

**Fuente:** (Vásquez, 2002)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

c) Medición.- Metros lineales, la longitud y severidad deben indicarse luego de su determinación. Si la grieta no tiene igual nivel de gravedad en toda su extensión, cada índice debe registrarse por separado. (Vásquez, 2002, pág. 28)

d) Opciones de reparación.-

L: No se adopta ninguna estrategias de restauración, solo se sellan aquellas grietas que sean de ancho superior a 3.0 mm

M: Se sellan la totalidad de las grietas

H: Sellado de grietas, parcheo parcial (Vásquez, 2002, pág. 28)

#### **2.4.1.6. Abultamientos y/o Hundimientos**

a) Descripción.-

Los **abultamientos** son pequeños movimientos hacia arriba, que ocurren en la superficie de la carretera, y son producidos debido a la inconsistencia de algunos pavimentos y a aspectos como:

1. Levantamiento de algunas planchas de concreto de cemento Portland, con una sobrecarpeta de asfalto
2. Extensión debido a la congelación
3. Introducción y prominencia del material en una grieta en concordancia con las fuerzas del tráfico (Vásquez, 2002, pág. 16)

En cambio, los **hundimientos** son desplazamientos hacia debajo de la superficie del pavimento, son pequeños pero al mismo tiempo abruptos. (Vásquez, 2002, pág. 16)

Aquellas distorsiones o desplazamientos que suceden encima de grandes zonas del pavimento, y que provocan extensas o largas depresiones, se denominan “**ondulaciones**” (hinchamiento). En el caso de que estas, se muestren en un modelo perpendicular a la dirección del tránsito y estén separadas a menos de 3.0 m, el daño producido se denomina **corrugación**. (Vásquez, 2002, pág. 16)

b) Niveles de severidad.-

- Nivel de severidad bajo (L): No provoca consecuencias importantes en la calidad del rodamiento.
- Nivel de severidad medio (M): Producen un impacto medio en la calidad del rodamiento. (Vásquez, 2002, pág. 16)



**Imagen 2.16. Abultamientos y/o Hundimientos, Nivel de severidad (M)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad alto (H): Ocasionan impactos muy marcados en la calidad del rodamiento. (Vásquez, 2002, pág. 16)





**Imagen 2.17. Abultamientos y/o Hundimientos, Nivel de severidad (H)**

**Fuente:** (Vásquez, 2002)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

c) Medición.- Metros lineales, en caso de que el abultamiento se origine en combinación con una grieta, esta también se indica. (Vásquez, 2002, pág. 16)

d) Opciones de reparación.-

L: No se adopta ninguna medida de restauración

M: Se recurre al reciclado en frío, parcheo profundo o parcial

H: Se ejecuta el reciclado en frío, el parcheo profundo o parcial, y la sobre-carpeta (Vásquez, 2002, pág. 16)

#### **2.4.1.7. Corrugaciones**

a) Descripción.- Se trata de un conjunto de elevaciones y depresiones muy juntas que, se dan a intervalos bastante regulares, y normalmente ocurren a una profundidad inferior a los 3.0 m. Las elevaciones son perpendiculares a la dirección en la que circula el tráfico, y esta afectación es provocada fundamentalmente debido a la combinación de la acción del tránsito y una carpeta o base inconsistente. (Vásquez, 2002, pág. 18)

b) Niveles de severidad.-

- Nivel de severidad bajo (L): No tienen consecuencias importantes en el rodamiento. (Vásquez, 2002, pág. 18)



**Imagen 2.18. Corrugaciones, Nivel de severidad (L)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad medio (M): Producen un impacto medio en la calidad de rodamiento. (Vásquez, 2002, pág. 18)



**Imagen 2.19. Corrugaciones, Nivel de severidad (M)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad alto (H): Producen un efecto muy marcado en el rodaje. (Vásquez, 2002, pág. 18)



**Imagen 2.20. Corrugaciones, Nivel de severidad (H)**

**Fuente:** (Vásquez, 2002)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- c) Medición.- Metros cuadrados ( $m^2$ ) de área afectada. (Vásquez, 2002, pág. 18)

d) Opciones de reparación.-

L: No se realiza ninguna acción de reparación

M: Se procede a la rehabilitación

H: Reconstrucción (Vásquez, 2002, pág. 18)

#### 2.4.1.8. Depresiones

a) Descripción.- Son zonas ubicadas en el pavimento, con niveles levemente más bajos a su alrededor; estas son observables luego de las lluvias, cuando el agua forma empozamientos. Se originan debido al asentamiento de la subrasante o por una construcción inadecuada; provocan aspereza en la vía y su profundidad o relleno de agua, pueden provocar el hidroplaneo. (Vásquez, 2002, pág. 20)

b) Niveles de severidad.-

- Nivel de severidad bajo (L): Máxima profundidad de depresión: 13.0 a 25.0 mm.
- Nivel de severidad medio (M): Máxima profundidad de depresión: 25.0 a 51 mm. (Vásquez, 2002, pág. 20)



**Imagen 2.21. Depresiones, Nivel de severidad (M)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad alto (H): Profundidad de la depresión más de 51 mm. (Vásquez, 2002, pág. 20)



**Imagen 2.22. Depresiones, Nivel de severidad (H)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

c) Medición.- Metros cuadrados ( $m^2$ ) del área afectada.  
(Vásquez, 2002, pág. 20)

d) Opciones de reparación.-

L: No se adopta ninguna medida

M: Se realiza el parcheo superficial, parcial o profundo

H: Parcheo superficial, parcial o profundo (Vásquez, 2002, pág. 20)

#### **2.4.1.9. Ahuellamientos**

a) Descripción.- Son depresiones en la superficie de las marcas de los neumáticos, produciendo también el levantamiento de la carretera a ambos lados del ahuellamiento; en la mayoría de los casos es observable luego de las precipitaciones, en el momentos en que las marcas creadas contienen agua. Surgen debido a un desperfecto estable en cualquiera de las capas de la carretera, que ocurre debido al fortalecimiento o desplazamiento lateral de los materiales, debido a la fuerza ejercida por el tráfico.

Cuando el ahuellamiento es significativo, puede ocasionar conducir una falla estructural considerable. La profundidad promedio se mide al ubicar una regla perpendicular a la orientación del ahuellamiento, usando las medidas independientes obtenidas para calcular su profundidad promedio. (Vásquez, 2002, pág. 37)

b) Niveles de severidad.- Dependen de la profundidad de

ahuellamiento:

- Nivel de severidad bajo (L): 6,0 a 13,0 mm. (Vásquez, 2002, pág. 37)



**Imagen 2.23. Ahuellamientos, Nivel de severidad (L)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad medio (M):  $M > 13,0$  mm a 25,0 mm (Vásquez, 2002, pág. 37)



**Imagen 2.24. Ahuellamientos, Nivel de severidad (M)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad alto (H):  $H > 25,0$  mm. (Vásquez, 2002, pág. 37)



**Imagen 2.25. Ahuellamientos, Nivel de severidad (H)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

c) Medición.- Metros cuadrados ( $m^2$ ) de área afectada, su gravedad se identifica por la profundidad media de la huella. (Vásquez, 2002, pág. 37)

d) Opciones de reparación.-

L: No se realizan ninguna acción, fresado y sobrecarpeta

M: Bacheo superficial, parcial o profundo, fresado y sobrecarpeta

H: Bacheo superficial, parcial o profundo, fresado y sobrecarpeta  
(Vásquez, 2002, pág. 37)

#### 2.4.1.10. Grietas de Desplazamiento

a) Descripción.- Las grietas parabólicas por desplazamiento son en forma de media luna creciente, con las puntas hacia el flujo del tránsito. Esta afectación se origina cuando hay una mezcla asfáltica entre la superficie y la capa siguiente en la estructura del pavimento de deficiente fortaleza, o de un riego de adherencia grande, y en algunas ocasiones débil. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 84)

b) Niveles de severidad.-

- Nivel de severidad bajo (L): Ancho de la grieta inferior a 10,0 mm. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 84)



**Imagen 2.26. Desplazamientos, Nivel de severidad (L)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile



- Nivel de severidad medio (M):

Ancho promedio de la grieta entre 10,0 mm y 38,0 mm.

El área que rodea a la grieta está fragmentada en pequeñas porciones ajustadas. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 84)

- Nivel de severidad alto (H):

Ancho promedio de la grieta es mayor de 38,0 mm.

La zona alrededor de la grieta está dividida en pedazos cómodamente removibles. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 84)



**Imagen 2.27. Desplazamientos, Nivel de severidad (H)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

c) Medición.- Metros cuadrados ( $m^2$ ), se evalúa de acuerdo al nivel de severidad más alto presente. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 84)

d) Opciones de reparación.-

L: No se realiza ninguna acción de reparación

M: Parcheo parcial

H: Bacheo parcial (localizado) (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 84)

#### 2.4.1.11. Hinchamiento

a) Descripción.- Se trata de una flexión hacia arriba de la superficie de la carretera, con una onda extensa de longitud superior a los 3,0 m.; y suele estar complementada por un agrietamiento superficial. Normalmente es provocado por suelos potencialmente expansivos. (Vásquez, 2002, pág. 43)

b) Niveles de severidad.-

- Nivel de severidad bajo (L).- Un hinchamiento de poca severidad puede ser descubierto, cuando los usuarios de la vía conducen a la velocidad máxima permitida a través de la carretera; si perdura el hinchamiento entonces se producirá un desplazamiento hacia arriba del vehículo. (Vásquez, 2002, pág. 43)

- Nivel de severidad medio (M)- Perjudica la calidad de tránsito con severidad media. (Vásquez, 2002, pág. 43)



**Imagen 2.28. Hinchamientos, Nivel de severidad (M)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad alto (H).- Daña la calidad de tránsito con alta severidad. (Vásquez, 2002, pág. 43)



**Imagen 2.29. Hinchamientos, Nivel de severidad (H)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile



c) Medición.- Metros cuadrados ( $m^2$ ) de área afectada.  
(Vásquez, 2002, pág. 43)

d) Opciones de reparación.-

L: No se adopta ninguna medida

M: No realiza ninguna acción o se procede a la restauración

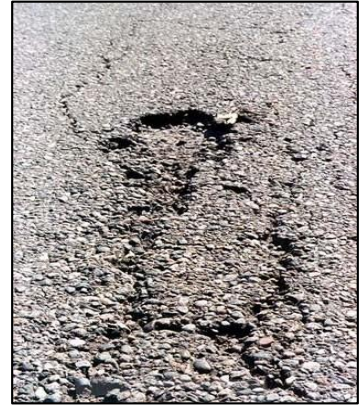
H: Reconstrucción (Vásquez, 2002, pág. 43)

#### **2.4.1.12. Baches (huecos)**

a) Descripción.- Son depresiones mínimas en la superficie de la carretera, con diámetros menores a 0,90 m; tienen bordes de ángulos agudos y lados verticales en cercanías del área superior. El aumento de los huecos se acrecienta, debido a la acumulación de agua de lluvia. Se originan cuando el tráfico remueve pequeñas porciones de la superficie del pavimento, y comúnmente son fallas vinculadas a la condición de la estructura, por lo que no deben confundirse con el desprendimiento. Cuando se deben a las grietas tipo piel de cocodrilo de alta gravedad, deberán registrarse como huecos. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 77)

b) Niveles de severidad.- Los niveles de severidad para los huecos de diámetro inferior a 762 mm, están apoyados en la profundidad y el diámetro. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 77)

- Nivel de severidad bajo (L).- La profundidad es menor que 25,0 mm. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 77)



**Imagen 2.30. Baches, Nivel de severidad (L)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad medio (M).- La profundidad es menor o igual que 25,0 mm. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 77)



**Imagen 2.31. Baches, Nivel de severidad (M)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad alto (H).- La profundidad es mayor que 25, 0 mm. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 77)



**Imagen 2.32. Baches, Nivel de severidad (H)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

c) Medición. - Los huecos se miden contabilizando los que son de severidad baja, media y alta, registrándolos independientemente. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 77)

d) Opciones de reparación. -

L: No se adopta ninguna medida, o se realiza parcheo parcial o profundo

M: Bacheo parcial o profundo

H: Bacheo profundo. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 77)

#### **2.4.1.13. Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados**

a) Descripción. - Se trata de la disgregación y desprendimiento de agregados por desgaste de la superficie del pavimento, a causa de la pérdida del ligante asfáltico. Esta falla muestra que dicho ligante asfáltico se ha hecho resistente o que la mezcla es de poca calidad. El ablandamiento de la superficie y el desgaste de los agregados, provocado por el derramamiento de aceites se identifican también como desprendimiento. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 85)

b) Niveles de severidad. -

- Nivel de severidad bajo (L). - Empiezan a producirse pérdidas de los agregados o el ligante, y en algunas zonas la superficie se comienza a hundir. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 86)



**Imagen 2.33. Peladura por Interperismo, Nivel de severidad (L)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad medio (M).- Es cuando se pierden los agregados o el ligante, y la textura superficial es medianamente rugosa y “ahuecada”. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 86)



**Imagen 2.34. Peladura por Interperismo, Nivel de severidad (M)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad alto (H).- Se han perdido significativamente los agregados o el ligante, en el caso de la textura superficial está se torna gravemente rugosa y “ahuecada”. Las zonas ahuecadas tienen diámetros menores a 10,0 mm, y profundidades menores a 13,0 mm, aquella de mayor longitud y profundidad, se identifican como huecos. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 87)



**Imagen 2.35. Peladura por Interperismo, Nivel de severidad (H)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- c) Medición.- Metros cuadrados ( $m^2$ ) de área afectada. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 85)

d) Opciones de reparación.-

L: No se realiza ninguna acción

M: Se coloca un sello superficial; se hace tratamiento superficial; o sobrecarpeta

H: Tratamiento superficial; sobrecarpeta; reciclaje; restauración.  
(Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 85)

#### **2.4.1.14. Mancha en pavimentos (exudación)**

a) Descripción.- Se trata de lámina de material bituminoso en la superficie de la carretera, la que crea una zona brillante y reflectiva que normalmente es adherente. Esta es ocasionada debido a la magnitud y volumen de asfalto en la mezcla o exceso de aplicación de un sello asfáltico; a elevadas temperaturas ambientales, surge y se extiende a la superficie. (Sánchez, 2010, págs. 77-78)

b) Niveles de severidad.-

- Nivel de severidad bajo (L).- La mancha se ocasiona en un nivel muy leve, observándose pocos días durante el año. El asfalto no se pega a los zapatos. (Sánchez, 2010, pág. 78)



**Imagen 2.36. Mancha en pavimentos (exudación), Nivel de severidad (L)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad medio (M).- La mancha se origina cuando asfalto se pega a los zapatos y los carros, solamente durante algunas semanas del año. (Sánchez, 2010, pág. 78)





**Imagen 2.37. Mancha en pavimentos (exudación), Nivel de severidad (M)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad alto (H).- La mancha se produce de forma extendida y una gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y carros. (Sánchez, 2010, pág. 78)



**Imagen 2.38. Mancha en pavimentos (exudación), Nivel de severidad (H)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

b) Medición.- Metros cuadrados ( $m^2$ ) de área afectada. Si se calcula la mancha no se debe calcular el pulimento de agregados. (Sánchez, 2010, pág. 79)

c) Opciones de reparación.-

L: No se adopta ninguna medida de reparación

M: Se adiciona arena/agregados y compactación; lavado

H: Se usa arena/agregados y compactación (precalentando si fuera necesario); lavado (Sánchez, 2010, pág. 79)

#### 2.4.1.15. Agregado Pulido

- a) Descripción.- Es originado debido a la reiteración del impacto o fuerza del tránsito, cuando el material que se añade a la superficie se torna suave al tacto, la adherencia con las llantas del carro disminuye significativamente. Se refleja en la medida en que le índice de ensayo de firmeza al deslizamiento es bajo o ha decrecido en grandemente, a partir de una valoración anterior. (Vásquez, 2002, pág. 66)
- b) Niveles de severidad.- En este caso no se identifica ningún nivel de gravedad, el valor de limado deberá ser considerable antes de ser introducido en una valoración de dicho estado. (Vásquez, 2002, pág. 66)



**Imagen 2.39. Agregado Pulido**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- c) Medición.- Metros cuadrados ( $m^2$ ) de zona dañada afectada. Si se tiene en cuenta la mancha del pavimento (exudación), no asume el pulimento de agregados. (Vásquez, 2002, pág. 66)
- d) Opciones de reparación.- Tratamiento superficial; sobrecarpeta; fresado y sobrecarpeta. (Vásquez, 2002, pág. 66)

#### 2.4.1.16. Desnivel carril - berma

- a) Descripción.- Se trata de una divergencia de niveles entre el borde de la carretera y el hombrillo, dicha falla es ocasionada

por la erosión o asentamiento del hombrillo, o la colocación de sobrecarpetas en la calzada, sin que se incremente el nivel del hombrillo; de ahí la diferencia. (Sánchez, 2010, pág. 89)

b) Niveles de severidad.-

- Nivel de severidad bajo (L).- La diferencia de elevación entre el borde de la carretera y la berma, es entre 25 y 51 mm. (Sánchez, 2010, pág. 90)



**Imagen 2.40. Desnivel de Carril – Berma, Nivel de severidad (L)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad medio (M).- La diferencia de elevación entre el borde de la carretera y hombrillo está entre 51 y 102 mm. (Sánchez, 2010, pág. 90)



**Imagen 2.41. Desnivel de Carril – Berma, Nivel de severidad (M)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad alto (H).- La distinción en cuanto a la elevación entre el borde de la carretera y el hombrillo, es superior a los 102 mm. (Sánchez, 2010, pág. 90)





**Imagen 2.42. Desnivel de Carril – Berma, Nivel de severidad (H)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- c) Medición.- Metros lineales. (Sánchez, 2010, pág. 90)
- d) Opciones de reparación.- L, M, H: Relleno del hombrillo para concordar con el nivel del canal. (Sánchez, 2010, pág. 90)

#### **2.4.1.17. Bacheo y zanjas reparadas (parches)**

- a) Descripción.- Un bache es una zona del pavimento que, se sustituye con material nuevo para rehabilitar el pavimento existente. Se registra como un desperfecto, con independencia de su buen comportamiento. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 74)
- b) Niveles de severidad.-
  - Nivel de severidad bajo (L).- El bache se encuentra en buen estado y es adecuado, su influencia sobre la calidad del tránsito se califica como de deficiente gravedad o mejor. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 74)



**Imagen 2.43. Bacheo y Zanjas reparadas (Parches), Nivel de severidad (L)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad medio (M).- El bache está medianamente

dañado o el impacto sobre la calidad del tránsito, se evalúa como de severidad media. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 74)



**Imagen 2.44. Bacheo y Zanjas reparadas (Parches), Nivel de severidad (M)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad alto (H).- El bache está muy arruinado o la calidad del tránsito se evalúa como de alta gravedad, de manera que demanda un rápido reemplazo. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 74)



**Imagen 2.45. Bacheo y zanjas reparadas (Parches), Nivel de severidad (H)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

c) Medición.- En metros cuadrados ( $m^2$ ) de zona dañada, si un solo bache tiene áreas de diversa severidad, deben calcularse e indicarse de forma independiente. Si un número considerable de pavimento se ha reemplazado, no se debe reflejar como un bache sino como un nuevo pavimento. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 74)

d) Opciones de reparación.-

L: No se adopta ninguna medida

M: No se hace nada, sustitución del bache

H: Reemplazo del bache. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 74)

#### 2.4.1.18. Desplazamiento

a) Descripción.- Es un desplazamiento constante de una zona ubicada en la superficie del pavimento, provocado por las cargas de la circulación de vehículos. En el momento en que las cargas del tránsito ejercen una fuerza considerable sobre la carretera, entonces se produce una ondulación corta e infranqueable en la superficie, esta falla ocurre solamente en pavimentos con mezclas inconsistentes de asfalto líquido. (Vásquez, 2002, pág. 39)

b) Niveles de severidad.-

- Nivel de severidad bajo (L).- No tienen significación en calidad de rodamiento. (Vásquez, 2002, pág. 39)

- Nivel de severidad medio (M) - Provocan un impacto medio en la calidad de rodamiento. (Vásquez, 2002, pág. 39)



**Imagen 2.46. Desplazamiento, Nivel de severidad (M)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad alto (H).- Ocasionan un impacto muy marcado en la calidad de rodamiento. (Vásquez, 2002, pág. 39)



**Imagen 2.47. Desplazamiento, Nivel de severidad (H)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

c) Medición.- Metros cuadrados ( $m^2$ ) de área dañada. Las distorsiones que se producen en baches, se tienen en cuenta para el inventario de fallas como baches. (Vásquez, 2002, pág. 39)

d) Opciones de reparación.-

L: No se ejecuta ninguna estrategia de reparación, fresado

M: Fresado, parcheo parcial o profundo

H: Fresado, parcheo parcial o profundo. (Vásquez, 2002, pág. 39)

#### **2.4.1.19. Cruce de sumideros de rejilla (cruce de rieles)**

a) Descripción.- Los daños asociados a la intersección de sumideros de rejilla, son hundimientos o prominencias en el punto de relación, entre el pavimento de la carretera y el sumidero, que influyen desfavorablemente en la calidad de rodamiento (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 79).

b) Niveles de severidad.-

c) Nivel de severidad bajo (L).- No tienen una consecuencia en la calidad de rodamiento. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 79)

d) Nivel de severidad medio (M).- Provocan una afectación media en la calidad de rodamiento. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 79)

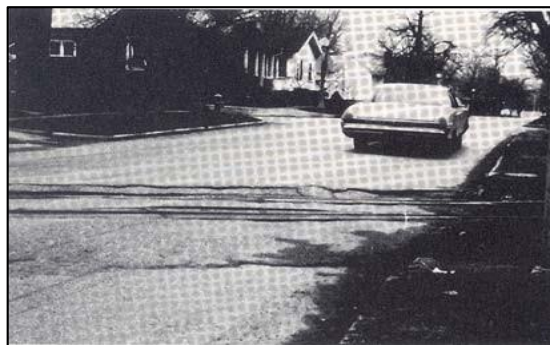


**Imagen 2.48. Cruce de sumideros de rejilla (cruce de rieles), Nivel de severidad (M)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- Nivel de severidad alto (H).- Ocasionan un daño muy marcado en la calidad de rodamiento. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 79)



**Imagen 2.49. Cruce de sumideros de rejilla (cruce de rieles), Nivel de severidad (H)**

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- e) Medición.- Metros cuadrados ( $m^2$ ) de zona afectada. Si el cruce no daña la calidad de tránsito, no se indicará. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 79)

- f) Opciones de reparación.-

L: No se adopta ninguna estrategia

M: Bacheo superficial o parcial de la intersección, nivelación total del pavimento

H: Bacheo superficial o parcial del cruce, nivelación total del pavimento (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 79)

## 2.5. El Tráfico

Cuando se habla de mejoramiento y conservación (rectificación de trazado, ensanchamientos, sellos asfálticos, etc.) de las carreteras, como parte de proyectos viales; es usualmente sencillo calcular el tráfico actual y su proyección futura. Sin embargo, al tratarse de áreas menos desarrolladas o inexploradas, la determinación del tráfico se torna más complicada e insegura. (Ronquillo, 2015, pág. 20)

### a) Tráfico promedio diario anual (TPDA)

Para el cálculo del TPDA se debe tomar asumir lo siguiente:

- En vías de un solo sentido de circulación, el tráfico será el cuantificado en esa dirección.
- En vías de dos sentidos de circulación, se asumirá la magnitud de tráfico en ambas direcciones.
- Para la cuantificación de autopistas, normalmente se calcula el TPDA para cada sentido de circulación. (Ronquillo, 2015, pág. 20)

$$TPDA_{Final} = TPDA_o (1+i)^t$$

**Ecuación 2.5. Tráfico promedio diario anual**

**Fuente:** (Chanatásig, 2011)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

Siendo:

$TPDA_{Final}$  = Tráfico promedio diario anual final

$TPDA_o$  = Tráfico promedio diario anual inicial

$i$  = Tasa de crecimiento vehicular general o por tipo de vehículo

$t$  = Periodo de diseño (Chanatásig, 2011, pág. 10)

- b) Tráfico futuro.-** Es aquel en el que los diseños constructivos, se sustentan en una predicción de tráfico de (15-20) años y el aumento normal del tráfico por el desarrollo, produce un ascenso. Las proyecciones de tráfico se utilizan para la evaluación de las carreteras e impactan en la determinación de la velocidad de diseño y del resto de los datos geométricos del proyecto. (Hernández, 2013, pág. 15)

$$TF = TA ((1+i)^{n-1})$$

**Ecuación 2.6. Tráfico Futuro**

**Fuente:** (Hernández, 2013)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

Siendo:

**TF** = Tráfico Futuro

**TA** = Tráfico Actual

**i**= Índice de crecimiento

**n** = Periodo de proyección en años (Hernández, 2013, pág. 17)

**c) Tráfico existente.-** Es el que se utiliza en la vía, antes de proceder a su mejoramiento y que se logra mediante los estudios de tráfico. (Pumisacho, 2014)

**d) Tráfico generado.-** Está relacionado con la cantidad de viajes que se llevarían a cabo, si las soluciones propuestas se desarrollaran, y tienen que ver con: viajes que no se realizaron previamente, viajes que se desarrollaron anteriormente mediante transporte público, y viajes que se efectuaron con anterioridad hacia otros destinos y con las nuevas oportunidades han sido atraídos hacia la carretera propuesta. (Pumisacho, 2014, pág. 13)

**e) Tráfico atraído.-** Es el que se asume de otros medios de transporte, lo cual está en dependencia de la localización de la nueva vía, en relación con el destino de los viajes, pues pueden brindar traslados más cortos y cómodos. (Moreno, 2002, pág. 28)

**f) Tráfico desarrollado.-** Ocurre debido a la introducción de nuevas zonas a la explotación o por aumento de la producción de las tierras, ubicadas dentro del área de influencia de la carretera. Este elemento del tráfico futuro, puede continuar creciendo durante parte o todo el tiempo de estudio. Normalmente se asume su impacto, a partir de la incorporación de la vía al servicio de los usuarios. (Pumisacho, 2014, pág. 14)

## **2.6. Mantenimiento Vial**

### **2.6.1. Mantenimiento rutinario**

Tiene que ver con la restauración ubicada en pequeñas fallas en la superficie de rodamiento; en la nivelación de la misma y de las bermas; en el mantenimiento habitual de los sistemas de drenaje (zanjas, cunetas, etc.), los taludes laterales, los bordes y otros componentes aledaños de las vías; en el control del polvo y de la vegetación; la limpieza de las áreas de descanso y de los mecanismos de señalización. Se implementa en varias ocasiones durante todo un año, en función del estado de la carretera.

Las actividades, consideradas como mantenimiento rutinario son:

- Limpieza de calzada y pequeños derrumbes
  - Restauración ubicada de pequeñas fallas en la superficie de rodamiento
  - Mantenimiento de los sistemas de drenaje
  - Control de la vegetación y mantenimiento de señalización
- (Menéndez, 2003, pág. 29)

### **2.6.2. Mantenimiento correctivo**

Se trata de un mantenimiento que se lleva a cabo, solo cuando se detecta una falla o error en la vía, de lo contrario será nulo; teniendo que esperar a que ocurra alguna anomalía, para entonces adoptar las estrategias necesarias y corregir el defecto hallado. (Bernal, 2012, pág. 3)

### **2.6.3. Mantenimiento preventivo**

Al contrario del caso anterior, el mantenimiento preventivo se realiza en la vía, aun cuando no se haya detectado ninguna falla; como su nombre lo indica se trata de prevenir desperfectos futuros, realizando un mantenimiento periódico y sistemático a la carretera, con el objetivo de mantener el pavimento en perfecto estado para la circulación de los vehículos. Además, protege a la vía ante el costo del reencarpetado con asfalto nuevo, y permite identificar fallos reiterados, incrementar la vida del pavimento asfáltico y reducir las inversiones en reparaciones. (QuimiNet.com, 2009)



## **2.7. Capa de sellado con mezclas densas en frío**

### **2.7.1. Mortero asfáltico (Slurry Seal)**

El mortero asfáltico se conoce internacionalmente como Slurry Seal, por su nombre original en Inglés. Este componente fue identificado aproximadamente en los años 1960 por el Sr. Raymond Young, quien fuera creador de la máquina de aplicación continua de esta tecnología como “an asphaltic mortar like mix”; cuya traducción al español hace alusión a una mezcla asfáltica tipo mortero, obtenido a partir de la combinación de emulsión asfáltica y agregados con granulometría específica más la introducción de otros componentes (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002, pág. 23)

El mortero asfáltico aprobado con normas; ASTM D3910, ISSA A105 (International Slurry Surfacing Association o Asociación Internacional de Recubrimientos con Morteros) y sustentado en especificaciones nacionales MOP-001- F 2000; se detalla como la mezcla constituida por emulsión asfáltica, agregados pétreos triturados con granulometría definida, relleno mineral, agua y en ciertos casos aditivos, todo lo cual resulta proporcionalmente combinado según el Diseño de Mezcla, que señala la Fórmula Maestra de Obra. Dicha mezcla es administrada como superficie de desgaste encima de los pavimentos; además, es producida, extendida y uniformemente distribuida por una máquina diseñada para este propósito, la cual deberá adherirse fuertemente sobre una capa de rodamiento anteriormente preparada, obteniendo propiedades de impermeabilidad y anti-deslizantes durante el tiempo de vida. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002, pág. 24)

Su forma de aplicación, implica la utilización de capas delgadas (1½ veces el tamaño máximo del agregado), según las especificaciones de los documentos contractuales. Los morteros asfálticos de mayor rendimiento pueden ser diseñados, con el objetivo de incrementar algunas particularidades del mortero para finalidad determinada; ya sea a través de la incorporación de polímeros u otro elemento para la rehabilitación de

ahuellamientos, fortaleza ante el agrietamiento y aumento de la rugosidad, etc. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002, pág. 24)

El Mortero Asfáltico, tiene que ver con diversos tratamientos que se emplean para la preservación de pavimentos como: Mortero Asfáltico, Mortero Asfáltico Modificado con Polímeros y Micro-Pavimentos. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002, pág. 25)

**Mortero Asfáltico:** “Es la combinación de agregados, emulsión asfáltica, agua, relleno mineral y aditivos adecuadamente relacionados, mezclados y distribuidos encima de una superficie debidamente acondicionada para ello”. (Zambrano, 2013, pág. 36)

**Tráfico:** “Los criterios normativos para la implementación de los diversos tratamientos con mortero asfáltico, su sustentarán según el volumen y tipo de tráfico, tal y como se señala en la siguiente tabla”: (Zambrano, 2013, pág. 36)

**Tabla 2.7.-** Criterios normativos de tráfico

TRATAMIENTO	GRANULOMETRÍA	VOLUMEN DEL TRÁFICO			VELOCIDAD TRÁFICO	
		LIVIANO-MEDIO	MEDIO-PESADO	PESADO-MUY PESADO	BAJA	ALTA
Mortero asfáltico	Tipo II	X			X	
	Tipo III	X				X
Mortero asfáltico modificado con polímeros	Tipo II		X		X	
	Tipo III		X			X
Micro pavimento	Tipo II			X	X	
	Tipo III			X		X

**Fuente:** (Zambrano, 2013)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

## Materiales

**Agregados.-** Se entiende que los agregados deben cumplir un óptimo control de calidad. En este sentido, se especifica que, para alcanzar una aplicación de elevado rendimiento con morteros asfálticos, el proceso de trituración y manejo de agregados contendrá un control en la granulometría, fracturación de caras, limpieza del material y el equivalente de arena. Estos componentes deben ser 100 % triturados, sin variaciones radicales en su granulometría que, perjudiquen el diseño de mezcla anteriormente aceptado. (Zambrano, 2013, pág. 37)

Esencialmente, la Asociación Internacional de Recubrimientos con Morteros (ISSA) detalla tres granulometrías estándar, no obstante, debido a su utilización convencional a nivel internacional, solamente se usan dos: Tipo II y Tipo III; cada una creada y escogida, según la estructura existente, el tráfico y las condiciones climatológicas en la zona de aplicación. (Zambrano, 2013, pág. 37)

### Granulometría ISSA de los Agregados

**Tabla 2.8.-** Granulometría de los agregados

TIPO	II	III
Tamaño del Tamiz	Porcentaje que pasa	
9.5 mm (3/8")	100	100
4.75 mm (No. 4)	90 - 100	70 - 90
2.36 mm (No. 8)	65 - 90	45 - 70
1.18 mm (No. 16)	45 - 70	28 - 50
600 micrones ( No. 30)	30 - 50	19 - 34
300 micrones (No. 50)	18 - 30	.12 - 25
150 micrones (No. 100)	10 - 21	7 - 18
75 micrones (No. 200)	5 - 15	5 - 15
Contenido de asfalto en el mortero asfáltico	7.5 - 13.5	6.5 - 12
Típica tasa de aplicación kg/m <sup>2</sup>	5.4 - 9.1	8.2 - 13.6

**Fuente:** (Zambrano, 2013)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

Por otra parte, el peso suelto promedio del agregado es de 1730 kg/m<sup>3</sup> y puede oscilar entre 1250 kg/m<sup>3</sup> a 1850 kg/m<sup>3</sup>. Los diseños de mezcla de

mortero asfáltico se sustentan en el peso seco del agregado; de manera que, se deberá asumir la transformación del peso volumétrico suelto del agregado, sugiriéndose que el dispositivo de aplicación sea graduado para cada fuente de agregado. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002, pág. 26)

### **Granulometría típica de agregados para morteros asfálticos**

**Tabla 2. 9.- Granulometría para morteros asfálticos**

<b>TIPO II</b>	<b>TIPO III</b>
1/4 “	?”
5 – 6 mm.	9 – 10 mm.
Para aplicaciones en: aeropuertos, carreteras y vías urbanas	Para aplicaciones en: autopistas y vías urbanas

**Fuente:** (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

### **Requerimientos para los agregados**

**Tabla 2. 10.- Requerimientos para los agregados**

<b>MORTERO ASFALTICO</b>	<b>NORMA</b>
Equivalente de arena	ASTM D 2419
Perdida por abrasión (Los Ángeles) 35 % max.	ASTM C 131 – AASHTO T 96 INEN 860
Granulometría	ASTM C 136 – AASHTO T 27

**Fuente:** (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**Relleno Mineral.-** Según la ASTM D 546 – AASHTO T37, se pueden usar: cemento Portland Tipo I, cal hidratada, polvo de piedra caliza o ceniza volcánica; con un porcentaje máximo del 2 %. La introducción de este elemento tiene la intención fundamental de, incrementar las peculiaridades de dominio en la mezcla, y perfeccionar la parte final de la curva granulométrica de los agregados; impactando positivamente en la conducta ante la ruptura y curado del mortero asfáltico. Además, los

equipos pavimentadoras posibilitan el ajuste de aditivos de relleno mineral en campo, para optimizar peculiaridades apropiadas de flujo, rompimiento y curado. (Zambrano, 2013, pág. 38)

**Emulsión Asfáltica.-** La emulsión asfáltica se entiende como la propagación de micro-partículas de asfalto, dentro de una matriz acuosa estabilizada químicamente; la que se usa fundamentalmente para la creación de combinaciones asfálticas en frío (mezclas abiertas, microaglomerados [mezclas densas], reciclados, estabilizaciones, etc.) y como ligante emulsionado en riegos.

La emulsión asfáltica que se desee emplear, debe responder a un diseño anterior, según las características de los agregados, mezcla, tipo de aplicación, condiciones ambientales y climatológicas.

Las emulsiones asfálticas sugeridas para morteros asfálticos, son usualmente del tipo CSS-1, CSS-1h (emulsión catiónica de ruptura lenta) y CQS-1h (emulsión catiónica de ruptura rápida para mezclas); las que deberán ser esencialmente probadas para comprobar la compatibilidad y reactividad con los agregados, así como ser administradas con el adecuado certificado de análisis y producción, según el diseño requerido. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002, pág. 27)

**Ensayos para Emulsiones.-** “Los ensayos fundamentales para las emulsiones, son definidos por la Normas ASTM D 977 y MOP-001-F 2000 subsección 810-4. Tabla 810-4.2”. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002, pág. 27)

#### **Experimentos de control de calidad en la producción:**

- Contenido de asfalto residual en la emulsión asfáltica, que determina el contenido de asfalto en función de la norma ASTM D 244 – AASHTO T 59.
- Incorporación del residuo de la emulsión, indica la fortaleza del asfalto como se especifica a través de las normas ASTM D 2397 – AASHTO T 49. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002, pág. 28)

### **Experimentos generales de emulsiones asfálticas:**

- Viscosidad ASTM D 244, implica el manejo oportuno de la emulsión en el campo.
- Asentamiento ASTM D 244, identifica la consistencia al almacenamiento.
- Tamizado ASTM D 244, detalla la firmeza al manejo y al almacenamiento perdurable en el tiempo. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002, pág. 28)

**Polímeros (para morteros asfálticos modificados).**- La introducción de polímeros a la mezcla de asfalto, perfecciona las características de cohesión y adhesión, incrementa la resistencia y disminuye la susceptibilidad a las modificaciones de temperatura. El aumento de la consistencia impide que surjan ahuellamientos en climas cálidos y posibilita la utilización de cementos asfálticos más suaves, los cuales funcionan mucho mejor en climas fríos. (Barrionuevo, 2012, pág. 70)

Los polímeros pueden ser añadidos en el momento de la elaboración de la mezcla jabonosa o ser ajustados con el cemento asfáltico en la planta de emulsión, anterior a que se lleve a cabo la emulsificación. La magnitud mínima y la clasificación del polímero modificador, tienen que ser definidos por el laboratorio responsable del diseño de mezcla; mientras que la cantidad de polímeros sólidos, debe sustentarse en el contenido del residuo asfáltico en peso; en el caso de las mezclas de micropavimentos se detalla esta cantidad en un porcentaje del 3 al 4%. (Barrionuevo, 2012, pág. 70)

**Agua.**- Es el componente principal en la determinación de la firmeza del mortero asfáltico, en el momento de su surgimiento y aplicación, constituyéndose en parte esencial de la fortaleza de la mezcla. De acuerdo al porcentaje de humedad de los agregados, se establecerá la utilización de agua como recubrimiento; en este sentido, la cantidad a añadirse es de aproximadamente 10%, en correspondencia con el peso del agregado seco. (Barrionuevo, 2012, pág. 71)

**Ensayos para el agua.**- “El agua debe cumplir con la norma del MOP-001-F 2000”. (Barrionuevo, 2012, pág. 71)

**Aditivos de Control de Ruptura en Campo.-** La elevada temperatura y la reactividad de los agregados, conducen al rompimiento y curado del mortero asfáltico. Con el objetivo de conciliar este proceso en el campo, resulta fundamental incorporar agregados químicamente similares a los emulsificantes, en cantidades del 0,1 - 0,5 %. (Barrionuevo, 2012, pág. 72)

**Diseño de mezcla en laboratorio.-** Además de las guías y procedimientos de ensayos para la creación de morteros asfálticos definidos por la ISSA y ASTM, se han implementado otras metodologías de control específicas, con el objetivo de identificar el diseño de mezcla del mortero asfáltico:

- Prueba de cohesión en húmedo (ASTM D3910), define los tiempos de ruptura de la mezcla y su apertura al tráfico.
- Prueba de mezclado manual (ISSA TB 113), identifica la compatibilidad de los materiales y el tiempo mínimo de mezclado.
- Prueba de abrasión bajo agua (ISSA TB 100), define el contenido mínimo de emulsión asfáltica en la mezcla de Mortero Asfáltico.
- Prueba de rueda cargada (ISSA TB 109), identifica el contenido máximo de emulsión asfáltica en la mezcla de Mortero Asfáltico. (Barrionuevo, 2012, pág. 72)

**Tolerancia:** “El contenido óptimo de emulsión asfáltica en la creación de la mezcla, está definido por la función del efecto “bulk” (saturación en campo) de los agregados. El rango de tolerancia del contenido óptimo de emulsión asfáltica es de  $\pm 1,5\%$ ”. (Barrionuevo, 2012, pág. 72)

### **2.7.2. Sellado de Fisuras**

El sellado de pequeñas áreas agrietadas en superficies asfálticas con aplicación de asfalto líquido y agregado fino ayuda para evitar la entrada del agua superficial y otro material ajeno que podría causar daño a la base, dentro de los criterios para realizar su ejecución es cuando en el pavimento se presentan grietas en pequeñas áreas aisladas, a fin de prevenir su mayor extensión que causara el deterioro de la superficie (Ministerio de Transporte y Obras Publicas, 2002)

### 2.7.3. Bacheo Asfáltico Menor

La reparación a mano de áreas pequeñas de superficie pavimentadas con mezcla asfáltica ayuda a corregir baches, depresiones, roturas de bordes y otros peligros potenciales, dentro de los criterios para realizar su ejecución es cuando los baches se encuentran en superficies pavimentadas que representan un peligro al tráfico o al deterioro del pavimento los mismos deben ser reparados tan pronto como sea posible, siempre asegurando que el área esté debidamente preparada. (Ministerio de Transporte y Obras Publicas, 2002)

## 2.8. Índice Internacional de Rugosidad (IRI)

Dicho indicador se origina a partir de la necesidad de establecer juicios de calidad y comportamiento de los pavimentos que, especificaran los estados actuales y futuros de la superficie de una vía. Este índice permite además, la valoración de las distorsiones verticales de una carretera que, perjudican la dinámica de los carros que circulan sobre la misma. En este sentido, se trató de agrupar los criterios de estimación con los dispositivos de medición de rugosidad a nivel internacional, como es el caso de los perfilómetros o las maquinarias de tipo respuesta; y que se reemplazarán con el método de la AASHO, ahora AASHTO que, posibilita la evaluación del estado superficial de un camino, solo subjetivamente. (Ministerio del Transporte, 2008, pág. 156)

*“El Índice Internacional de Rugosidad, denominado **IRI** (International Roughness Index), fue identificado y creado por el Banco Mundial en 1986, como un indicador de la rugosidad y patrón común de referencia, ante la medición de la calidad de rodamiento de una vía”. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 152)*

La cuantificación numérica del Índice Internacional de Rugosidad, se basa en el almacenamiento de desplazamientos en valor absoluto, de la masa superior respecto a la inferior de un modelo de carro, fraccionado entre la distancia recorrida sobre una carretera (en m, km o millas); que se origina debido a los movimientos del vehículo, cuando este circula a una velocidad de 80 km/h. Por otra parte, el IRI se indica en mm/m, m/km, in/mi, etc; de manera que, se trata de la medición de la respuesta de un carro ante el estado de una vía y sirve además,



como modelo para graduar los dispositivos de cuantificación de la regularidad superficial de una carretera. (Ministerio del Transporte, 2008, pág. 157)

La gran diversidad de equipos empleados para calcular la rugosidad superficial y los variados indicadores, que determinan los juicios de aprobación de la funcionamiento de una carretera; demostraron la importancia y necesidad de utilizar un “índice único”. Asumiendo que cada nación tenía un dispositivo propio para ello y no era factible asignar un solo dispositivo a todos y tampoco se podía limitar los futuros perfeccionamientos de los equipos existentes o el desarrollo de novedosas maquinarias. (Ministerio del Transporte, 2008, pág. 157)

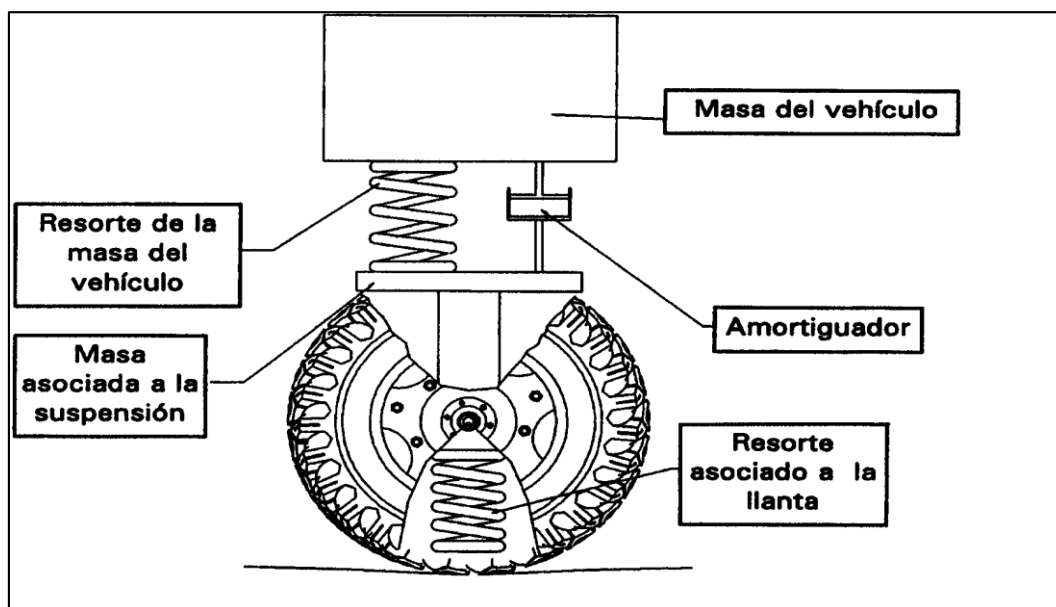
El Índice Internacional de Rugosidad es el índice primordial que, se ha empleado en mayor medida, y cuyo mecanismo se acomoda a la interacción con diversos tipos de dispositivos de medición de aspereza en la vía; siendo posible indicar que se trata de una característica del perfil de un camino. (Ministerio del Transporte, 2008, pág. 158)

La cuantificación de dicho índice se relaciona con la utilización del modelo matemático denominado Cuarto de Carro (Quarter-Car), a través del cual mide la deflexión de la suspensión de un sistema mecánico, modelado como una reacción similar a la que adoptara el usuario de la vía. Dichos desplazamientos son almacenados y fraccionados entre la distancia recorrida, obteniéndose el Índice Internacional de Rugosidad. (Ministerio del Transporte, 2008, pág. 158)

### **2.8.1. Particularidades de la prueba**

El modelo de Cuarto de Carro se denomina así, ya que implica la cuarta parte de un vehículo, el cual se muestra en el gráfico siguiente. Este incluye una rueda con resorte vertical, la masa del eje apoyada por la llanta, un resorte de suspensión, un amortiguador y la masa del vehículo aguantada por la suspensión. (Ministerio del Transporte, 2008, pág. 158)

**Gráfico 2. 10.- Representación gráfica del modelo “Cuarto de Carro”**



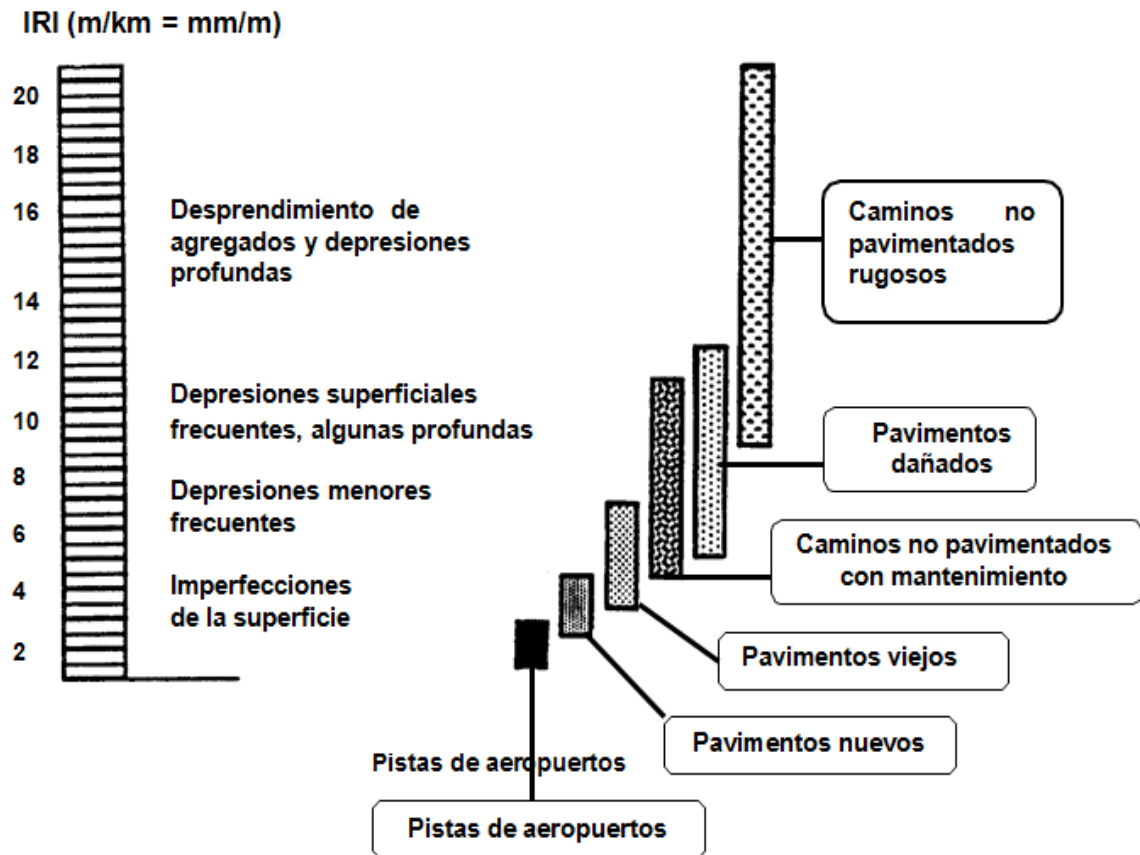
**Fuente:** (Patiño, Garnica, & Rico, 1998)  
**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

Dicho modelo fue acoplado, con el propósito de determinar una correspondencia con los sistemas de cálculo de rugosidad del tipo respuesta. Este programa propuesto por el Banco Mundial, implica la cuantificación del Índice Internacional de Rugosidad, mediante el levantamiento topográfico de un tramo de la vía que, representa la simulación del paso del Cuarto de Carro encima del perfil de la carretera. (Ministerio del Transporte, 2008)

### **2.8.2. Escala y peculiaridades del IRI**

- Las unidades de medida se dan en mm/m, m/km o in/mi.
- El rango de medición del IRI en el caso de una carretera pavimentada, es de 0 a 12 m/km (0 a 760 in/mi), dentro del cual 0 resulta una superficie perfectamente pareja y 12 una vía intransitable. En el gráfico siguiente, se señalan las peculiaridades de los diversos tipos de pavimentos, de acuerdo al valor de IRI alcanzado.
- Para una superficie con pendiente constante sin desperfectos, el IRI es igual a cero, de ahí que no afecte el valor hallado; mientras que en las modificaciones de pendiente, esto sí ocurre. (Ministerio del Transporte, 2008, pág. 159)

Gráfico 2. 11.- Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos



Fuente: (Patiño, Garnica, & Rico, 1998)  
Consultado por: José Alvarado y Fabián Freile

**Tabla 2. 11.-** Medición subjetiva del IRI

<b>IRI</b>	<b>CONDICIONES DE LA VÍA</b>	<b>ABSCISA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
2	Circulación muy confortable a 100 km/h No se perciben ondas ni depresiones, no hay huecos		
4	Pavimento de buena calidad, recorrido confortable a 80 km/h No se percibe ondas ni depresiones Baches aislados, fisuras y piel de cocodrilo		
6	Circulación satisfactoria a 60 km/h Superficie con desperfectos: 1-2 huecos cada 1000 m Carpeta asfáltica con leves corrugaciones o extensas ondas Aislados baches, fisuras longitudinales y transversales		
8	Tránsito agradable a 40 km/h Pocas depresiones no significativas Superficie con ciertos defectos, se presentan ondulaciones severas o corrugadas Frecuentes baches, fisuras longitudinales y transversales		
10	Manejo confortable a 40 km/h. Distorsiones graves de la superficie		
12	Velocidad inferior a 40 Km/h Bastantes baches y depresiones		

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**Serviciabilidad.-** Se trata de la apreciación que tiene los usuarios de la vía, acerca del nivel o la calidad de servicio de la carretera. La clasificación de la serviciabilidad puede ser indicada como una valoración de la superficie, pero es necesario tener en cuenta que esta no es una evaluación integral, sino que se determina a partir de un índice, que se obtiene de los resultados de la prueba AASHO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales). Este se desarrolla a través de una escala que, oscila de 0 a 5, donde 5 se refiere a una superficie perfecta y 0 a una superficie en pésimo estado. En la siguiente tabla se muestra la escala de valoración, de acuerdo a la norma AASHO. (Morocho, 2010, pág. 36)

**Tabla 2. 12.-** Escala de calificación de la serviciabilidad según AASHO

<b>Calificación numérica</b>	<b>Condición</b>	<b>Descripción</b>
De 0.0 a 1.0	Muy mala	Los pavimentos en esta categoría están en un estado total de deterioro, se puede transitar por las carretas a velocidades muy disminuidas reducidas y con grandes dificultades para el manejo. Hay numerosos huecos y grietas hondas. El desperfecto ocurre en un 75% o más de la vía.
De 1.0 a 2.0	Mala	En este caso, los pavimentos se han deteriorado tanto que, afectan considerablemente la velocidad de circulación. Los flexibles presentan enormes huecos y grietas bien hondas. Dicho deterioro contiene la pérdida de áridos, agrietamiento, ahuellamientos, y se produce en un 50% o más de la superficie. En el caso de los pavimentos rígidos implica desconche de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
De 2.0 a 3.0	Regular	La calidad de manejo es significativamente menor a la de los pavimentos nuevos y ocurren serias deficiencias antes elevadas velocidades de circulación. Las fallas superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamiento; y en el caso de los pavimentos rígidos, se identifican fallas en las juntas, agrietamiento, escalonamiento y bombeo.
De 3.0 a 4.0	Buena	En este caso, aun cuando los pavimentos no son tan suaves como los “Los Muy Buenos”, brindan posibilidades de manejo de alta calidad y muestran muy pocos o ningún indicio de desperfecto en la superficie. Los flexibles pueden empezar a dar muestra de ahuellamientos y figuración aleatoria; y los rígidos, algunas evidencias de un ligero deterioro superficial, como desconches y fisuras menores.
De 4.0 a 5.0	Muy buena	Solo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo adecuadamente suaves y sin fallas, para formar parte de esta clasificación. La mayor cantidad de los pavimentos construidos o recarpeteados en el periodo de observación y análisis, normalmente se valorarán como muy bien.

**Fuente:** (Solminihac, 2001)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. Inventario vial

Se realizó la inspección visual de la vía Izamba - Píllaro, determinando las condiciones de los distintos elementos que componen la carretera, la estructura del pavimento y su funcionabilidad. No fue necesario realizar ensayos de tipo destructivo, porque no se registraron hundimientos, ahuellamientos y otros, que son indicios de deterioro de la estructura del pavimento.

#### 3.2. Características generales de la vía

**Tabla 3. 1.-** Características generales de la vía

ABSCISA	CORDENADAS		GRADIENTE (%)	COTA	OBSERVACION
	LATITUD	LONGITUD			
0+000	767.851	9' 965.077	-3,3	2.593	Yacupamba (Izamba)
0+500				2.591	
1+500	770.175	9' 867.327	-5,23	2.590	Parque Recuerdos
1+950				2.575	
2+040	770.298	9' 867.487	-5,0	2.560	
2+970				2.518	
2+060	770.310	9' 868.624	-6,7	2.476	Cantera
2+081				2.473	
2+180	770.283	9' 868.964	-10,6	2.470	
3+780				2.430	
3+810	770.260	9' 869.300	-8,33	2.400	
4+600				2.277	
4+600	770.191	9' 868.932	1,0	2.277	Ingreso puente
4+669				2.278	Salida puente
4+770	770.210	9' 869.002	9,52	2.365	
5+580				2.440	
5+700			9,91	2.445	
6+525				2.467	Santuario
6+780	770.191	9' 868.932	12,2	2.570	
7+590				2.670	
7+650	771.514	9' 870.236	5,05	2.715	
8+580	771.752	9' 870.285		2.720	Redondel ingreso Píllaro

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

##### 3.2.1. Inventario de la calzada, sistemas de drenaje y seguridad vial

Ver Anexo No.1. “*Inventario Vial*”

### 3.3. Evaluación del Índice de Condición de Pavimento (PCI)

A continuación se detallan los pasos utilizados para determinar el PCI del pavimento, en la vía Izamba – Píllaro de la Provincia de Tungurahua:

#### **Paso 1: Inspección del pavimento. Determinación del número y áreas de cada sección de medición de PCI**

El procedimiento más usual consiste en realizar una medición de PCI por km. La primera sección se coloca al azar, y las restantes a un km de la anterior. Como una de las principales dificultades de esta metodología, aparece la eliminación de la observación inicial y el análisis de algunas unidades maestras en terrible estado. Además, es usual que algunas de las que presentan daños que solo se produce en una ocasión, se incorporan erróneamente en un muestreo aleatorio. Para impedir esto último, se debe identificar cualquier unidad de muestro inusual y valorarla como una “unidad adicional” y no como “unidad representativa” o aleatoria; ello durante el periodo de inspección desarrollado en una porción de la vía. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 91)

Por explicación metodológica, a continuación se calcula el número y áreas de muestreo de cada sección:

$$n = \frac{N (S)^2}{\frac{e^2}{4} (N - 1) + (S)^2}$$

Dónde:

$$n = (8.5 * (0.1)^2) / ((0.05^2)/4) (8.5 - 1) + (0.1)^2)$$

$$n = 5,78; \quad \text{Se asume Número de Muestras} = 6$$

$$\text{Intervalo } i = N/n$$

$$i = 8.5 / 6$$

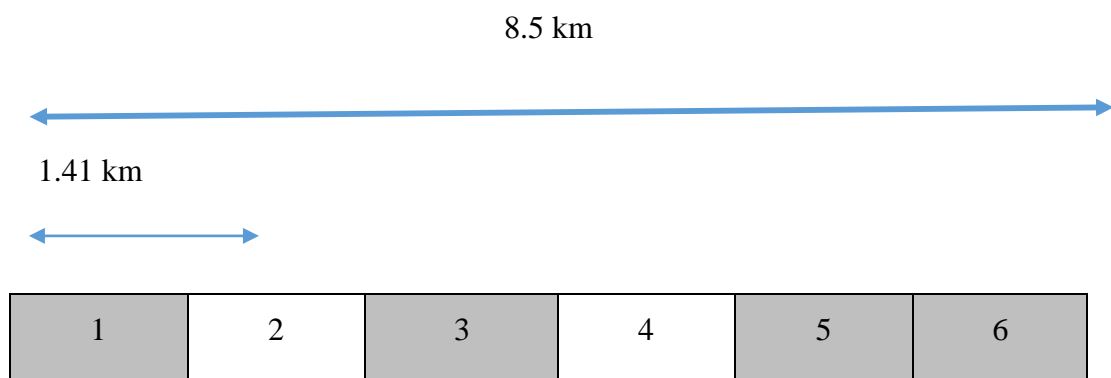
$$i = 1,41$$

Se asume un intervalo  $i = 2$ , la primera muestra de cada sección es la 1, entonces  $S=1$ , las demás muestras serán:

$S, S+1i, S+2i \dots \dots \dots$  etc.

1, 3, 5..... etc.

Selección de muestras:



De acuerdo a la metodología se debían considerar 6 muestras:

Área de cada muestra:  $1410 \text{ m} * 9 \text{ m}$  (ancho promedio) =  $12.690 \text{ m}^2$

**Nota:** Para obtener mejores resultados, se consideró la muestra cada km, siendo el área de cada sección variable, debido a que el ancho de vía no es igual.

## **Paso 2: Inspección del pavimento. Identificación del tipo de falla y medición de su severidad y magnitud**

Se analiza una unidad muestral para cuantificar el tipo, cantidad y gravedad de los perjuicios, y se indica la información recopilada en el formato correspondiente. Se conocen y siguen severamente las consideraciones y herramientas de medida de los daños. Se emplea un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para una y se especifica un daño, su magnitud y su nivel de gravedad. (Villanueva, 2011, pág. 17)



**Tabla 3. 2.- Inventario de Fallas en el Pavimento Flexible**

INVENTARIO DE FALLAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE									
NOMBRE DE LA VIA:		Izamba - Pillaro ( Tramo Yacupamba - Ingreso a Pillaro)							
FECHA:		Junio del 2015							
REALIZADO POR:		Alvarado - Freile							
UNIDAD DE MUESTRA:		Abscisa 0+000 - 1+ 000					Área de muestra:		9010
TIPO DE FALLAS									
1.- Grieta piel de cocodrilo		m2	11.- Baches y zanjas separadas		m2				
2.- Exudación de asfalto		m2	12.- Agregados pulidos		m2				
3.- Grietas concentración (bloque)		m2	13.- Huecos (baches)		No.				
4.- Elevaciones - hundimientos		m	14.- Acceso a puentes		m2				
5.- Corrimientos		m2	15.- Ahuellamientos		m2				
6.- Depresiones		m2	16.- Deformación por empuje		m2				
7.- Grietas de borde		m	17.- Grietas de deslizamiento		m2				
8.- Grietas de reflexión de juntas		m	18.-Hinchamiento		m2				
9.- Densivel de calzada		m	19.-Disgregacion y desintegración		m2				
10.- Grietas longitudinales y transversales		m							
		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES							
		1	3	10	11	12	13		
		8 L	9 L	6 L	4 L	18 L	1 M		
		12 L	12 L	15 L	8 L		1 M		
		20 L		4 L			1 L		
		16 L		21 L					
		40 L		13 L					
				3 L					
				28 L					
				16 L					
TOTAL	BAJA (L)	96	21,0	106,0	12,0	18,0	1,0		
	MEDIA (M)						2,0		
	ALTA (H)								

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

### **Paso 3: Determinación del “Valor de deducción”**

- Se calcula para cada falla, en función de su severidad, densidad y del gráfico correspondiente. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 93)
- Se totaliza por tipo y nivel de severidad de falla y se indica en la columna o celda del formato que se esté utilizando. El perjuicio puede medirse en área, longitud o por número según la falla. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 93)

- c) Se divide la cantidad de cada clase de daño, según los indicadores de gravedad, entre el área total de la unidad y el resultado se presenta como porcentaje. El cual se señala la magnitud del daño y la escala de gravedad determinada. En el primer caso: Valor de deducción:  $96.000 / 9010 = 1,07$ . (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 93)

**Tabla 3. 3.- Cálculo del PCI**

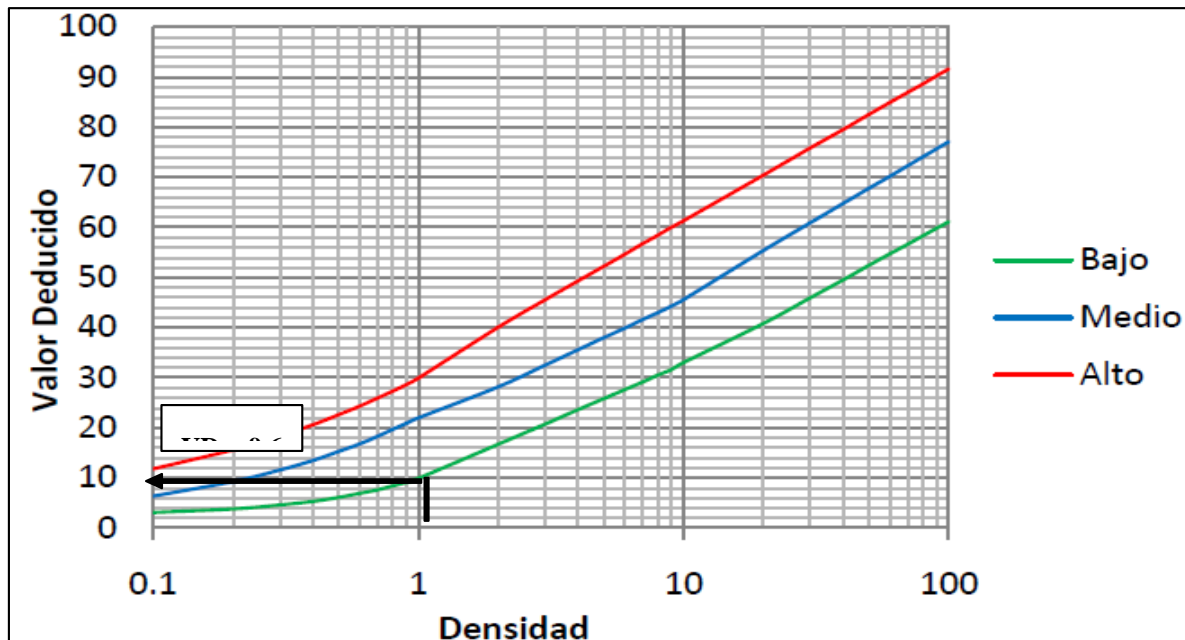
<b>CÁLCULO DEL PCI</b>					
<b>Unidad de Muestra: Abscisa 0+000 - 1+000</b>					
<b>TIPO DE FALLAS</b>	<b>TOTAL FALLAS</b>	<b>SEVERIDAD</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR DE DEDUCCIÓN</b>	<b>RESULTADOS</b>
1	96,0	L	1,07	9,60	PCI = 100 - VDC  PCI = 100-12 <b>PCI = 88</b>  CONDICION DEL PAVIMENTO  <b>"EXCELENTE"</b>
3	21,0	L	0,23	0,00	
10	106,0	L	1,18	1,00	
11	12,0	L	0,13	0,00	
12	18,0	L	0,20	0,00	
13	1,0	L	0,01	1,00	
13	2,0	M	0,02	5,00	
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN (VDT)				16,60	
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO (VDC)				12,00	

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

- d) El valor de deducción para cada tipo de falla y su nivel de severidad se obtiene a través de las curvas nombradas “Valor de Deducción”, que se adjuntan en anexos según el tipo de falla calculada. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 94)

Para la Falla Tipo 1 (grieta piel de cocodrilo), con una densidad de 1.07% y una severidad baja, mediante el gráfico, se obtiene un “valor de deducción” de 9.5.

**Gráfico 3. 1.- Valores de deducción.- Falla No.1 “Piel de Cocodrilo”**



**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

Se continúa con el mismo procedimiento para determinar la severidad de la falla 3 (grietas concentración); falla 10 (grietas longitudinales y transversales); falla 11 (baches y zanjas separadas); falla 12 (agregados pulidos) y falla 13 (huecos, baches).

#### **Paso 4: Cálculo del valor de deducción total (VDT)**

Es el resultado de sumar los valores de deducción de cada tipo de falla individual. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 96)

En el caso del tramo 0+000 – 1+000,  $VDT = 16,60$ .

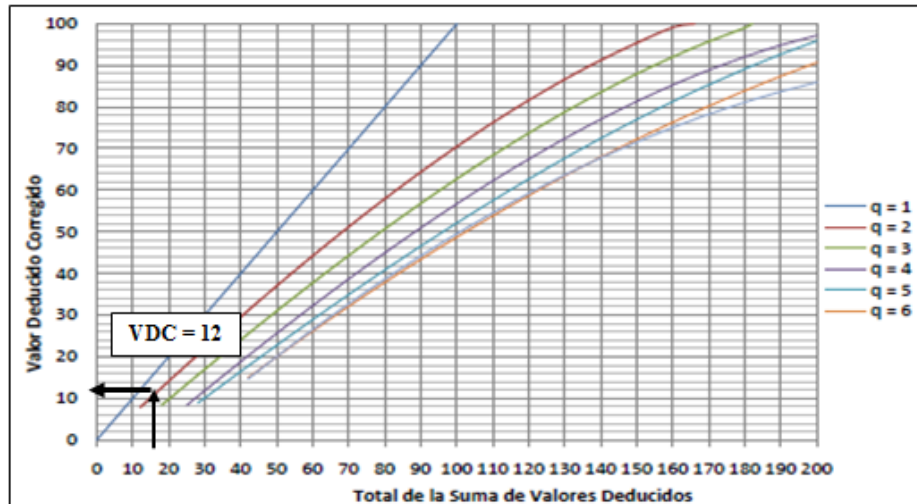
#### **Paso 5: Cálculo del valor de deducción corregido (VDC)**

Se da en correspondencia con el número de valores de VDT mayores que cinco (5) (valor “q”). (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 96)

En el ejemplo  $q=2$  porque hay dos (02) valores de deducción mayores que dos (2). Para obtener el VDC se accede con el VDT y se intercepta la curva con el

“q” conveniente, leyendo a la izquierda el “Valor de Deducción Corregido (VDC)”. En el presente estudio, VDC = 12. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 96)

**Gráfico 3. 2.- Valores de deducción Corregido**



**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

### **Paso 6: Cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI)**

El índice de condición del pavimento se alcanza, restado de 100 el valor de deducción corregido. (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009, pág. 97)

$$PCI = 100 - VDC; PCI = 100 - 12$$

$$PCI = 88$$

### **Paso 7: Condición del Pavimento**

Rangos de calificación del PCI

100 - 85	Excelente
84 - 70	Muy bueno
69 - 55	Bueno
54 - 40	Regular
39 - 25	Malo
24 - 10	Muy malo
9 - 00	Fallado

De acuerdo con la tabla de rangos de calificación, se determina que el pavimento flexible tramo de vía 0+000 y 1+000 tiene un PCI = 88, por tanto se encuentra en excelentes condiciones.

A continuación se detalla el cálculo del Índice de Condición del Pavimento para la totalidad de la vía, donde se utilizó el procedimiento que se especifica anteriormente. (Ver anexo No. 2. “Evaluación del Pavimento”)

### 3.4. Estudios de tráfico

Se realizaron contajes manuales, clasificando los diferentes tipos de vehículos en la estación de base ubicada en la abscisa 1+500, sector Parque de los Recuerdos. Los conteos manuales se desarrollaron en tres días, que corresponden: Lunes: Feria en la ciudad de Ambato; Domingo: Feria en la ciudad de Píllaro; Jueves: Día normal de actividades en las dos ciudades indicadas; durante 24 horas y obteniendo los siguientes resultados:

Véase anexo No. 3. “Conteo manual de tráfico”

### 3.5. Índice de rugosidad del pavimento (IRI)

Luego de haber realizado el inventario vial y conociendo la condición del pavimento, se considera que no es procedente medir el IRI utilizando equipos especializados; por tanto, se usa la siguiente tabla para determinar de una manera subjetiva la rugosidad del camino.

**Tabla 3. 4.- Índice de Rugosidad del Pavimento**

IRI	CONDICIONES DE LA VÍA	ABSCISA	PORCENTAJE
2	Manejo muy confortable a 100 km/h. No se aprecian ondas ni depresiones, no hay huecos.		
4	Carretera de buena calidad, circulación satisfactoria a 80 km/h No se percibe ondas ni depresiones Huecos aislados, fisuras y piel de cocodrilo	0+000 – 8+000	94,11
6	Recorrido agradable a 60 km/h Superficie con desperfectos: 1-2 baches cada 1000 m Carpeta asfáltica con leves corrugaciones o extensas ondas Aislados huecos, fisuras longitudinales y transversales	8+000 – 8+500	5,89
8	Circulación confortable a 40 km/h Pocas depresiones no significativas Superficie con ciertas fallas, se presentan ondas graves o corrugadas Frecuentes baches, fisuras longitudinales y transversales.		
10	Viaje agradable a 40 km/h. Desperfectos graves de la superficie.		
12	Velocidad inferior a 40 Km/h Bastantes baches y depresiones		

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

## Serviciabilidad

Para determinar el nivel de servicio que presta la vía a los usuarios, se utilizó la tabla que se indica a continuación, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 3. 5.- Serviabilidad**

Calificación numérica	Condición	Descripción	Abscisa
De 0.0 a 1.0	Muy mala	Los pavimentos en esta categoría están en un estado total de deterioro, se puede transitar por las carretas a velocidades muy disminuidas reducidas y con grandes dificultades para el manejo. Hay numerosos huecos y grietas hondas. El desperfecto ocurre en un 75% o más de la vía.	
De 1.0 a 2.0	Mala	En este caso, los pavimentos se han deteriorado tanto que, afectan considerablemente la velocidad de circulación. Los flexibles presentan enormes huecos y grietas bien hondas. Dicho deterioro contiene la pérdida de áridos, agrietamiento, ahuellamientos, y se produce en un 50% o más de la superficie. En el caso de los pavimentos rígidos implica desconche de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.	
De 2.0 a 3.0	Regular	La calidad de manejo es significativamente menor a la de los pavimentos nuevos y ocurren serias deficiencias antes elevadas velocidades de circulación. Las fallas superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamiento; y en el caso de los pavimentos rígidos, se identifican fallas en las juntas, agrietamiento, escalonamiento y bombeo.	<b>8+000 – 8+500</b>
De 3.0 a 4.0	Buena	En este caso, aun cuando los pavimentos no son tan suaves como los “Los Muy Buenos”, brindan posibilidades de manejo de alta calidad y muestran muy pocos o ningún indicio de desperfecto en la superficie. Los flexibles pueden empezar a dar muestra de ahuellamientos y figuración aleatoria; y los rígidos, algunas evidencias de un ligero deterioro superficial, como desconches y fisuras menores.	
De 4.0 a 5.0	Muy buena	Solo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo adecuadamente suaves y sin fallas, para formar parte de esta clasificación. La mayor cantidad de los pavimentos construidos o recarpeteados en el periodo de observación y análisis, normalmente se valorarán como muy bien.	<b>0+000 – 8+000</b>

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1. Análisis de resultados del Inventario Vial

Del inventario realizado en la vía Izamba – Píllaro, se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla 4.1.-** Análisis de resultados del Inventario Vial (Long y Ancho Promedio)

Dimensiones	Longitud - área	unidad
Longitud de la vía	8,58	km.
Ancho promedio	8,73	km.
Total área de la vía	75.084,90	m2.

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**Tabla 4.1.1.-** Análisis de resultados del Inventario Vial (Guardavías)

Guardavías			
Ubicación	Abscisa inicio	Abscisa fin	Longitud
Izquierda	4+180	4+220	80,00
	4+560	7+020	2.480,00
Derecha	3+020	3+760	760,00
	4+540	4+580	60,00
<b>Total</b>			<b>3.380,00</b>

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**Tabla 4.1.2.-** Análisis de resultados del Inventario Vial (Cunetas)

<b>Cunetas</b>			
<b>Cunetas en tierra:</b>			
Ubicación	Abscisa inicio	Abscisa fin	Longitud
Izquierda	3+500	3+960	360
	4+ 280	4+320	40
	4+800	7 +020	220
Derecha	3+020	3+780	760
<b>Total</b>			<b>1.380,00</b>
<b>Cunetas en hormigón:</b>			
Ubicación	Abscisa inicio	Abscisa fin	Longitud
Izquierda	0+000	3+500	3.500,00
	3+960	4+280	320
	4+320	4+800	480
	7+020	8+550	1.530,00
Derecha	0+000	3+020	3.020,00
	3+780	8+580	4.800,00
<b>Total</b>			<b>13.650,00</b>

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile



**Tabla 4.1.3.-** Análisis de resultados del Inventario Vial (Muros de Hormigón)

<b>Muros hormigón</b>			
Ubicación	Abscisa inicio	Abscisa fin	Longitud
Izquierda	3+760	3+800	40
	4+700	4+800	100
	5+220	5+240	20
	5+580	5+740	160
	6+100	6+300	200
<b>Total</b>			<b>520</b>
Derecha	3+220	3+240	20
	3+320	3+360	40
	3+460	3+480	20
	3+700	3+720	20
	4+440	4+540	140
	4+700	4+720	20
<b>Total</b>			<b>260</b>

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**Tabla 4.1.4.-** Análisis de resultados del Inventario Vial (Coordenadas y Gradiente)

ABSCISA	COORDENADAS		GRADIENTE (%)	COTA	OBSERVACIÓN
	LATITUD	LONGITUD			
0+000 - 0+500	767.851	9' 965.077	-3,3	2593 - 2591	Yacupamba
1+500 - 1+950	770.175	9' 867.327	-5,23	2590 - 2575	Parque Recuerdos
2+040 - 2+970	770.248	9' 867.976	-5	2560-2518	
2+060 - 2+081	770.310	9' 868.624	-6,7	2476-2473	Cantera
2+180 - 3+780	770.283	9'868.964	-10,6	2470 - 2430	
3+810 - 4+600	770.260	9'869.300	-8,33	2400 - 2277	
4+600 - 4+669	770.191	9' 868.932	1	2277 - 2278	Puente rio Culapachan
4+770 - 5+580	770.210	9' 869.002	9,52	2365 - 2440	
5+700 - 6+525	770.202	9'868.536	9,91	2445 - 2467	Santuario
6+780 - 7+590	770.191	9' 868.932	12,2	2570 - 2670	Quebrada seca
7+650 - 8+580	771.752	9'870.285	5,05	2715 - 2720	Redondel ingreso Píllaro

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

## 4.2. Análisis de resultados de la evaluación del pavimento

### 4.2.1. Condición del pavimento

De la evaluación del pavimento, se determina que el 81,58 % se encuentra en excelentes condiciones, el 11,65 % en muy buenas condiciones y solamente un último tramo, al ingreso a la ciudad de Píllaro en buenas condiciones.

**Tabla 4. 2.-** Condición del pavimento

ABSCISA	VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN (VDT)	VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO (VDC)	ÍNDICE DE CONDICIÓN PAVIMENTO (PCI)	CONDICIÓN PAVIMENTO
0+000 – 1+000	17	12	88	EXCELENTE
1+000 – 2+000	40	16	84	MUY BUENO
2+000 – 3+000	5	5	95	EXCELENTE
3+000 – 4+000	5	5	95	EXCELENTE
4+000 – 5+000	10	10	90	EXCELENTE
5+000 – 6+000	0	0	100	EXCELENTE
6+000 – 7+000	0	0	100	EXCELENTE
7+000 – 8+000	7	7	93	EXCELENTE
8+000 – 8+580	73	34	66	BUENO

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**Tabla 4. 3.-** Porcentaje de condición del pavimento

ABSCISA	LONGITUD (m)	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	PORCENTAJE (%)
0+000 - 1+000 2+000 - 8+000	7.000	EXCELENTE	81,58%
1+000 - 2+000	1.000	MUY BUENO	11,65%
8+000 - 8+580	580	BUENO	6,76%

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

#### 4.2.2. Falla predominante

De acuerdo a la tabla 4.4, la falla predominante es la piel de cocodrilo con 577 m<sup>2</sup>, le sigue en secuencia la fallas grietas longitudinales y transversales con 520 m, de igual manera se observa un gran porcentaje de grietas de concentración en bloque. Existen otro tipo de fallas pero en menores cantidades.

**Tabla 4. 4.-** Falla predominante

ABSCISA	TIPO DE FALLA							
	1	3	7	10	11	12	13	15
0+000 – 1+000	96 L	21 L		106 L	12 L	18 L	1 L 2 M	
1+000 – 2+000	38 L 7 M	27 L		60 L 23 M	19 L		3 L 1 M	
2+000 – 3+000	10 L 1 M	19 L		51 L 3 M	12 L		3 L	
3+000 – 4+000	8 L	18 L 2 M	3 L	55 L 3 M	8 L		1 L	
4+000 – 5+000	24 L	44 L 2 M			2 L	32 L		
5+000 – 6+000		31 L		35 L	13 L		3 L	
6+000 – 7+000		56 L		40 L	13 L			
7+000 – 8+000	11 L 1 M	65 L 4 M		79 L	12 L		2 L	
8+000 – 8+580	170 L 208 M 3 H	158 L 64 M		57 L 8 M	12 L	49 L	3 L	12 L
<b>TOTAL TIPO FALLA</b>	357 L 217 M 3 H	439 L 72 M	3 L	483 L 37 M	103 L	99 L	16 L 3 M	12 L
<b>TOTAL FALLA</b>	<b>577</b>	<b>511</b>	3	<b>520</b>	103	99	19	12

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

#### 4.3. Análisis de resultados del estudio de tráfico

Del conteo de tráfico realizado durante 24 horas, tres días a la semana, se establece que por la vía, en los dos carriles, circulan un promedio de 817 vehículos día. De acuerdo a la clasificación nacional de las carreteras se define:

**Según el tráfico:** Clase III – entre 300 y 1 000 vehículos

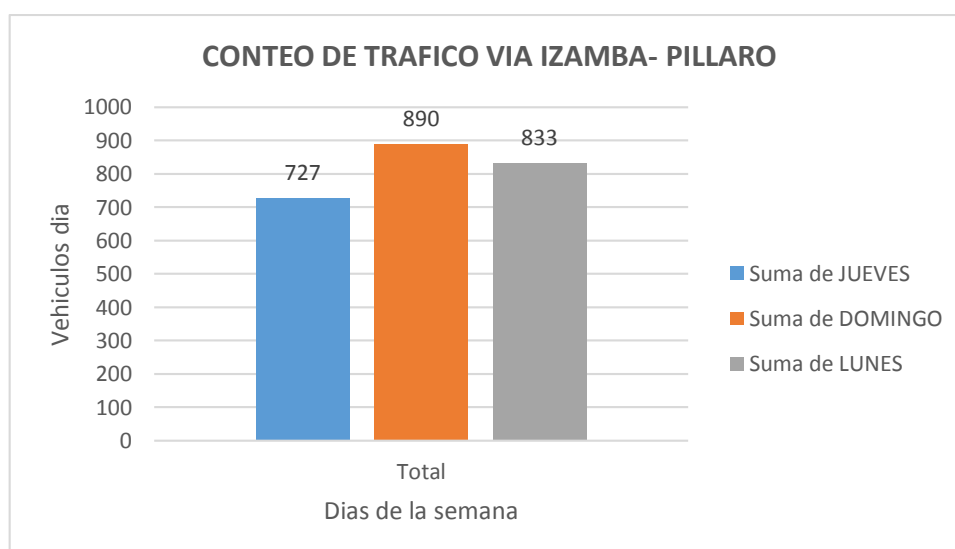
**Según la jerarquía:** Arteria colectora, clase 3 – entre 300 y 1 000 vehículos

**Tabla 4. 5.-** Resumen del conteo de tráfico

TIPO DE VEHÍCULO	DÍAS DE LA SEMANA		
	LUNES	JUEVES	DOMINGO
AUTO LIVIANO	584	511	617
BUS	121	109	130
CAMIÓN LIVIANO	113	97	125
CAMIÓN PESADO	15	10	18
TOTAL POR DÍA	833	727	890

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**Gráfico 4. 1.-** Conteo de Tráfico vía Izamba – Píllaro



**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

#### 4.4. Análisis de resultados del estudio de Índice de Rugosidad Interna (IRI)

De análisis subjetivo del IRI, se define que las irregularidades presentes en la superficie del pavimento afectan en mínima medida la calidad de rodado, seguridad y costo de operación del vehículo; considerando que el 94,11 % del tramo de vía tiene un IRI de 4, y apenas un 5,89 % un IRI de 6, lo cual está en relación con las fallas presentes en el pavimento.

**Tabla 4. 6.-** Análisis de Resultados (IRI)

IRI	CONDICIONES DEL PAVIMENTO	PORCENTAJE
4	Pavimento de buena calidad, circulación comfortable a 80 km/h  No se perciben ondas ni depresiones  Baches aislados, fisuras y piel de cocodrilo	94,11
6	Recorridos agradable a 60 km/h  Superficie con desperfectos: 1-2 baches cada 1000 m  Carpeta asfáltica con leves corrugaciones o extensas ondas  Aislados baches, fisuras longitudinales y transversales	5,6

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**Resultado:** El 100% de la vía tiene un IRI=6, significa que presenta escasas ondulaciones y deformaciones, y aislados baches y fisuras; permite un viaje cómodo a velocidad entre 60 km/h y 80 km/h, considerando las condiciones geométricas.

#### 4.5. Análisis de resultados del estudio de Serviciabilidad

Del análisis subjetivo de la Serviciabilidad que presta la vía Izamba –Píllaro, se determina que el pavimento proporciona buen confort y seguridad al usuario en un 94,11; solamente un último tramo localizado entre las abscisas 8+000 y 8+580 presenta desgaste mayor y fallas de magnitud, generando un confort regular.

**Tabla 4. 7.-** Análisis de resultados del estudio de Serviabilidad

Calificación numérica	Condición	Descripción	Porcentaje
De 2.0 a 3.0	Regular	La calidad de circulación es significativamente menor a la que se obtiene en carreteras nuevas y puede presentar deficiencias para elevadas velocidades de circulación. Las fallas superficiales en pavimentos flexibles pueden contener ahuellamientos, parches y agrietamiento.	5,6
De 3.0 a 4.0	Buena	En este caso, aun cuando los pavimentos no son tan suaves como los “Los Muy Buenos”, brindan posibilidades de manejo de alta calidad y presentan muy pocos o ningún indicio de desperfecto superficial. Los rígidos pueden comenzar a mostrar señales de ahuellamientos y figuración aleatoria.	94,11

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

#### 4.6. Conclusiones

De la información recolectada se puede deducir que se trata de una vía Clase III, sobre terreno montañoso, correspondiente a la red vial cantonal. Cuya sección transversal está provista de dos carriles de tráfico vehicular, de 4,47 m promedio cada uno.

## **CAPÍTULO V**

### **DETERMINACIÓN DEL TIPO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

#### **5.1. La conservación vial**

Antes se consideraba que la función principal de los organismos de carreteras era únicamente la construcción, la conservación vial no era prioritaria y se pensaba que las carreteras no requerían cuidado constante y no existía una política adecuada de conservación vial. El criterio actual en cambio, es el realizar el mantenimiento preventivo, las inversiones para este efecto deben desarrollarse en el tiempo “justo”, de lo contrario es muy probable que luego se deba ejecutar un mayor trabajo y también gastos. Una política “sana” de conservación significa el ahorro de grandes recursos y de costos de operación y transporte. Se proyecta establecer el mecanismo técnico que, permita realizar el mantenimiento preventivo de la vía Izamba-Píllaro, considerando el estado de la capa de rodadura y los demás componentes de la misma.

##### **5.1.1. Importancia de conservar un camino**

Un camino en buen estado proyecta los siguientes beneficios:

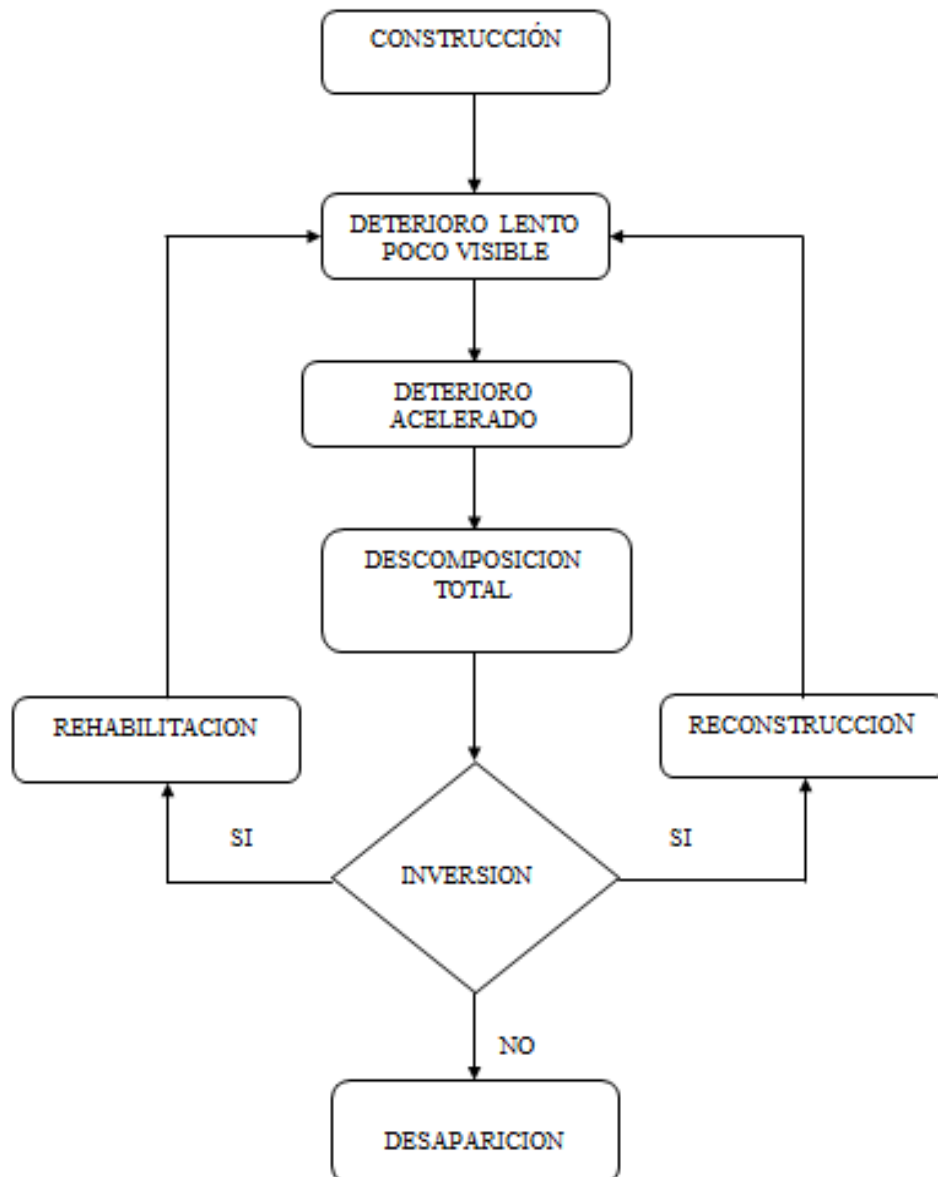
- Ahorro en los costos de operación
- Acceso a servicios y mercados
- Economía en tiempo para los usuarios
- Seguridad para el usuario
- Preservar la inversión efectuada en la construcción, reconstrucción o rehabilitación



## 5.2. Ciclo de vida de los caminos

### 5.2.1. Ciclo de vida fatal

Gráfico 5. 1.- Ciclo de vida fatal de los caminos

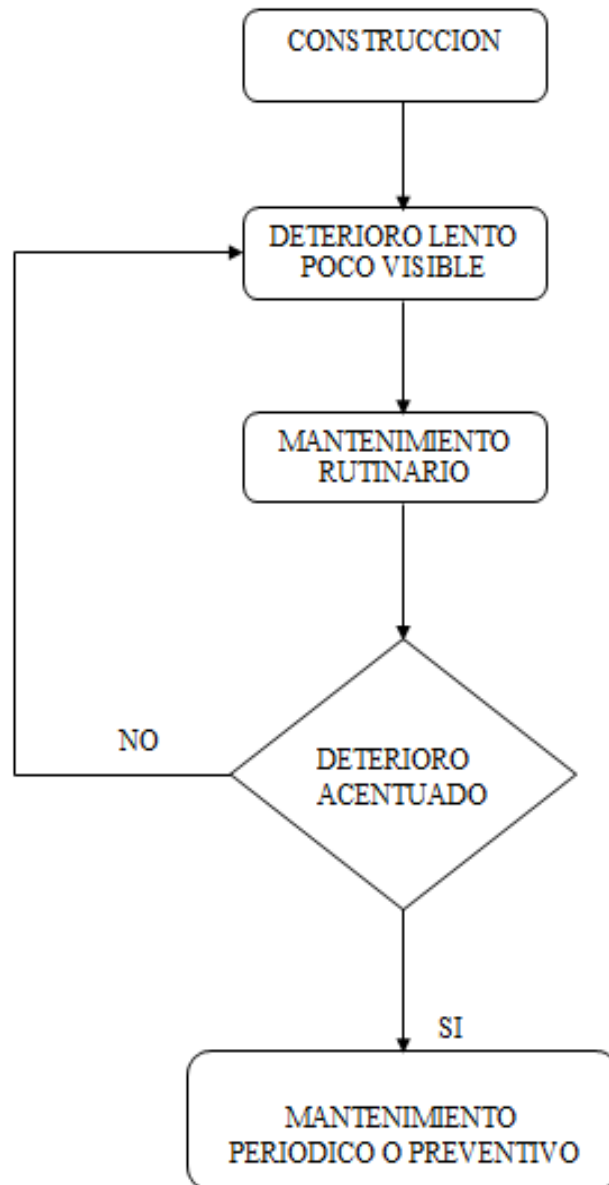


**Fuente:** (Menéndez, 2003)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

### 5.2.2. Ciclo de vida con mantenimiento

Gráfico 5. 2.- Ciclo de vida con Mantenimiento

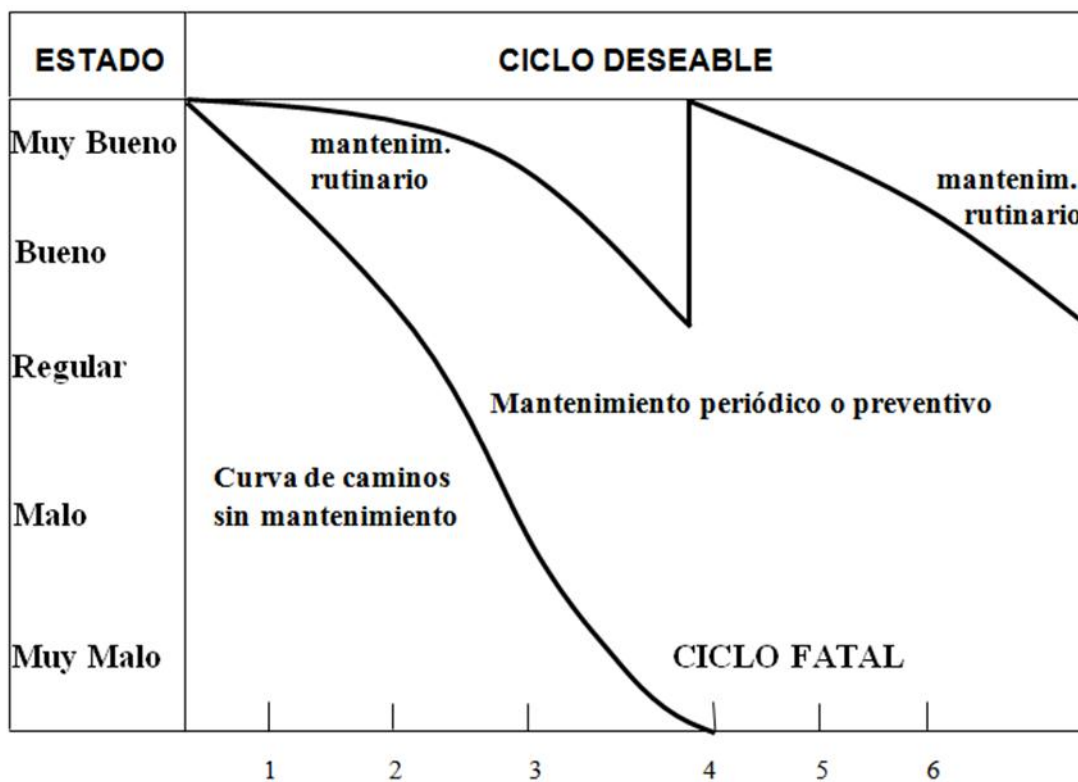


**Fuente:** (Menéndez, 2003)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

### 5.2.3. Ciclo de vida deseable

Gráfico 5. 3.- Ciclo de vida deseable



Años desde la construcción de la carretera

**Fuente:** (Menéndez, 2003)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

## 5.3. Actividades de mantenimiento

### 5.3.1. Actividades de mantenimiento rutinario

- Roca y limpieza de taludes
- Remoción de derrumbes
- Limpieza de sistemas de drenaje (cunetas, alcantarillas, otros)
- Mantenimiento de muros y vallas de seguridad
- Bacheo de calzada
- Mantenimiento de señalética (horizontal, vertical)

### 5.3.2. Actividades de mantenimiento preventivo

- Roca y limpieza de taludes.

- Limpieza de sistemas de drenaje (cunetas, alcantarillas, otros)
- Mantenimiento de calzada: Slurry, micropavimento, simple o doble tratamiento superficial bituminoso.
- Mantenimiento de muros y vallas de seguridad.
- Construcción de señalética horizontal.

### 5.3.3. Actividades para rehabilitación

- Excavación para ensanches críticos
- Limpieza, reconstrucción de sistemas de drenaje (cunetas, alcantarillas, otros)
- Remoción de derrumbes
- Conformación de capa base.
- Recapeo con hormigón asfáltico.
- Construcción de señalética horizontal y vertical.

## 5.4. Criterios para determinar el nivel de intervención

### 5.4.1. Condiciones de la vía

De los resultados del inventario vial, se determina que la vía Izamba - Píllaro se encuentra en muy buenas condiciones; por tanto, para preservar la vida útil es necesario proceder en el mantenimiento preventivo.

**Tabla 5. 1.-** Mantenimiento Preventivo

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
CRITERIO	ESCALA
Espesor de la carpeta asfáltica	> 5cm
Baches, fisuras, grietas, etc.	< 20 % (excelente, muy bueno)
Hundimientos y ahuellamientos	< 5 %
Señalización	Si
Cunetas, alcantarillas	Poco colmatadas
Muros, vallas de seguridad	Buen estado

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

#### 5.4.2. Determinación del tipo de mantenimiento preventivo

Basados en el inventario de la vía y luego de determinar la condición del pavimento, se define que la vía Izamba – Píllaro requiere el siguiente tipo de mantenimiento preventivo:

##### Tipo de carretera:

**Tabla 5. 2.-** Tipo de Carreteras

CLASES DE CARRETERAS	TRÁFICO PROYECTADO (TPDA)
R-I o R-II	Más de 8000 vehículos
I	de 3000 a 8000 vehículos
II	de 1000 a 3000 vehículos
<b>III</b>	<b>de 300 a 1000 vehículos</b>
IV	de 100 a 300 vehículos
V	Menos de 100 vehículos

**Fuente:** Normas de Diseño Geométrico MTOP (2003) citadas en (Beltrán, 2013)

**Consultado por:** José Alvarado y Fabián Freile

##### Fallas predominantes:

**Tabla 5. 3.-** Fallas Predominantes

TIPO DE FALLA PREDOMINANTE	UNIDAD
Grieta piel de cocodrilo	577 m <sup>2</sup>
Grietas longitudinales y transversales	520 m
Grietas de concentración (bloque)	511 m <sup>2</sup>
<b>Condición del pavimento:</b>	<b>Excelente</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

### Tipo de mantenimiento según volumen y tipo de tráfico:

**Tabla 5. 4.-** Tipo de Mantenimiento según Volumen y Tipo de Tráfico

TRATAMIENTO	GRANULOMETRÍA	VOLUMEN DEL TRÁFICO			VELOCIDAD TRÁFICO	
		LIVIANO-MEDIO	MEDIO-PESADO	PESADO- MUY PESADO	BAJA	ALTA
Mortero asfáltico	Tipo II	X			X	
	Tipo III	X				X
Mortero asfáltico modificado con polímeros	Tipo II		X		X	
	Tipo III		X			X
Micro pavimento	Tipo II			X	X	
	Tipo III			X		X

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

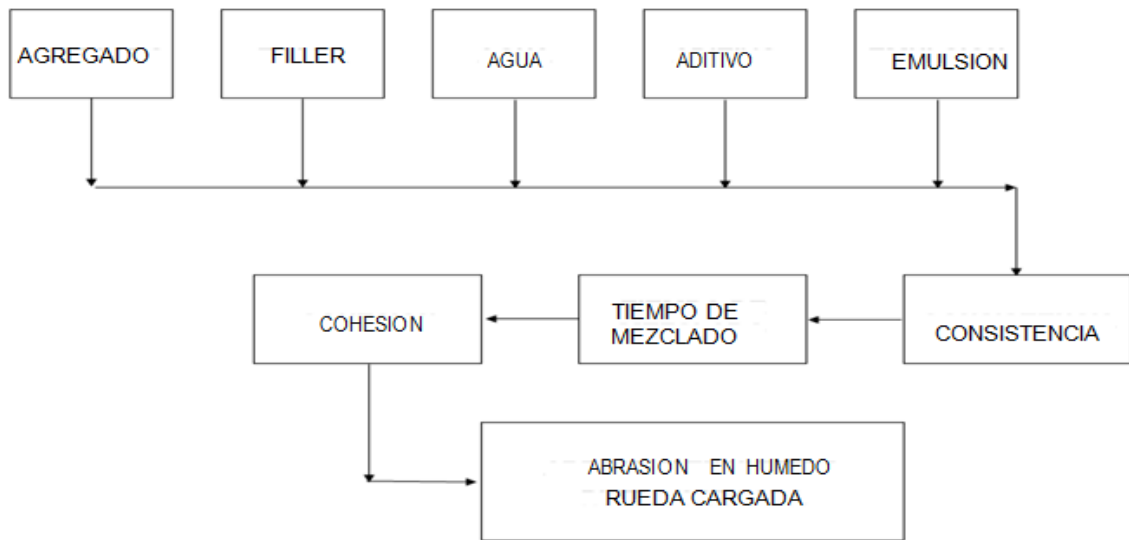
Después de un análisis exhaustivo y toma de datos de campo, basados en la normativa del MOP-002-12, la metodología que se acopla correctamente es el **SLURRY SEAL**, debido a que el tráfico se refiere al tipo III, además que la granulometría es correspondiente.

### Definición SLURRY

Es un sistema formado por:

- Agregado mineral
- Filler
- Agua
- Emulsión de rotura lenta o emulsión de rotura lenta modificada con polímero

**Gráfico 5. 4.- Definición de SLURRY SEAL**



**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

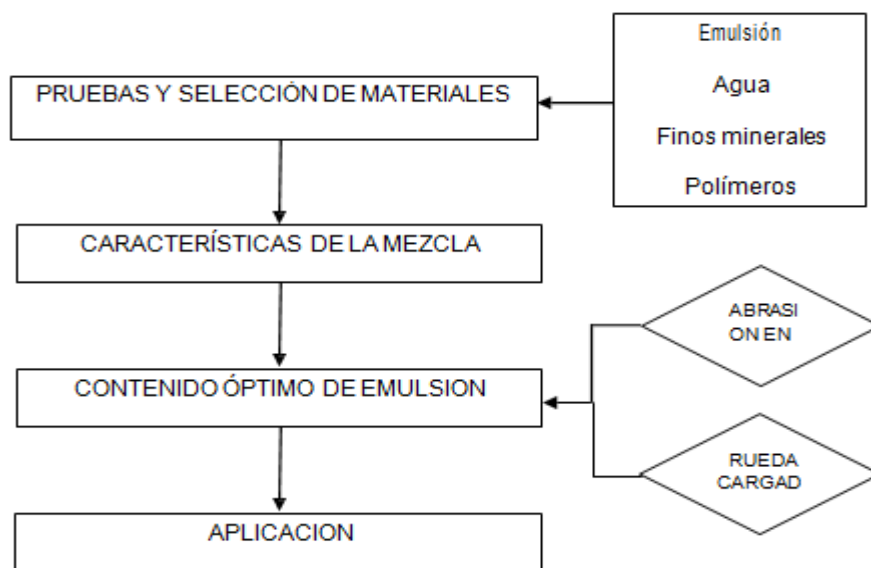
## 5.5. Diseño del tipo de mantenimiento preventivo con materiales del sector

El objetivo de este Diseño es determinar una formulación de los componentes que intervienen en el mortero asfáltico (Slurry Seal), utilizando el agregado pasante del tamiz 3/8” producido en la Cantera las Viñas de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, de acuerdo a lo establecido en las especificaciones nacionales MOP.001-F 2000. Sección 405-7 y las normas internacionales AST D3910 e ISSA A 105.

Para la aplicación del mortero asfáltico (Slurry Seal), el presente trabajo se ha basado en los criterios normativos **M.O.P 407.7.1.1 Tráfico**, según la tabla, el mortero asfáltico modificado con polímeros corresponde a la Granulometría II.

Se ha considerado la metodología desarrollada por la ISA A 105, ISAA A 143 (International Slurry Surfacing Association o Asociación Internacional de Recubrimientos con Morteros), que sigue el siguiente flujograma:

**Gráfico 5. 5.- Diseño de Mantenimiento Preventivo**



**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

### 5.5.1 Ensayos de Laboratorio

Para el mantenimiento de la vía en estudio, se ha seleccionado como alternativa los agregados de la Cantera Las Viñas (polvo en piedra triturada), ubicada en el paso lateral de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua.

La metodología aplicada para los ensayos está referenciada en las especificaciones TB-100 de la ISSA (International Slurry Surfacing). Los resultados obtenidos han sido comparados con las especificaciones dadas por MOP 001 F-2001 e ISSA A-143 y A-105, en cada una de las secciones correspondientes.”



### 5.5.1.1. Diseño del Mortero Asfáltico

#### 5.5.1.1.1. Agregados

##### 5.5.1.1.1.1. Ensayo de Granulometría (ASTM C-136 – ASTM C-117)

El presente procedimiento implica la identificación de la distribución del tamaño de partículas de agregados finos y gruesos, a través del cribado. Algunas de los detalles para los agregados que hacen alusión a este método, contienen requisitos de clasificación que incluyen tanto fragmentos de agregados gruesos como de agregados finos. (Medina, Ramírez, & Rancier, 2011, pág. 13)

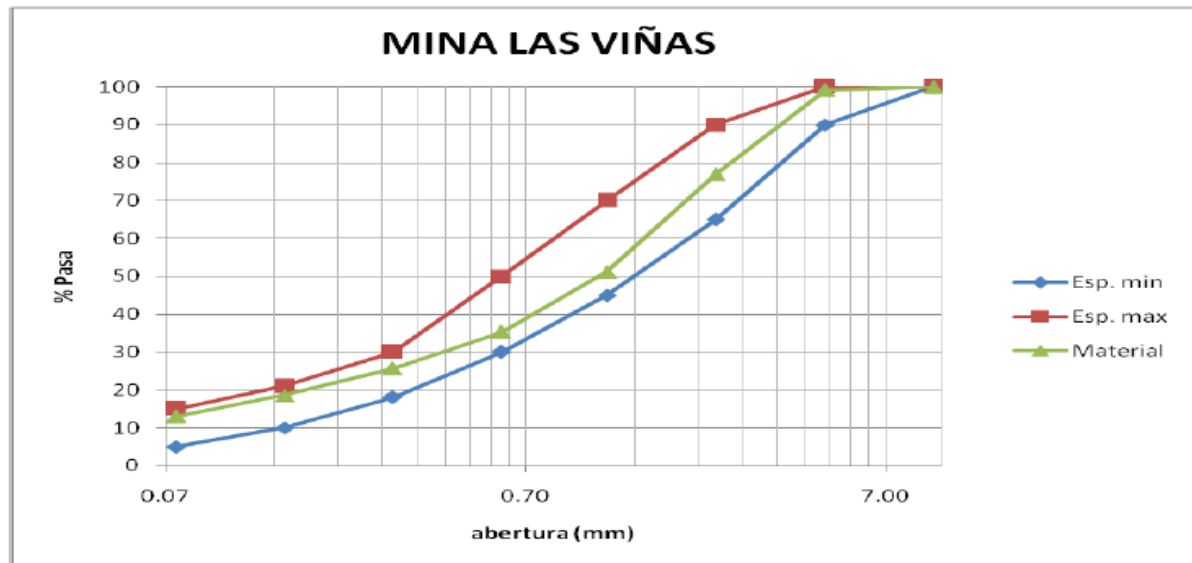
**Tabla 5. 5.-** Ensayo de Granulometría

#### ENSAYO #1

	Abertura	Retiene	Acumulado	Pasa	Especificaciones ISSA	
TAMIZ	(mm)	(gr)	(%)	(%)	min	max
3/8	9,5	0,00	0,00	100	100	100
N4	4,75	13.33	0,80	99,2	90	100
N8	2,38	386,21	23,06	76,94	65	90
N16	1,18	817,28	48,8	51,2	45	70
N30	0,6	1083.19	64,68	35,32	30	50
N50	0,3	1244,55	74,31	25,69	18	30
N100	0,15	1362,53	81,36	18,64	10	21
N200	0,075	1455,99	86,94	13,06	5	15
		1674,76	100,00	0,00		

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**Gráfico 5. 6.- Ensayo de Granulometría**



**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

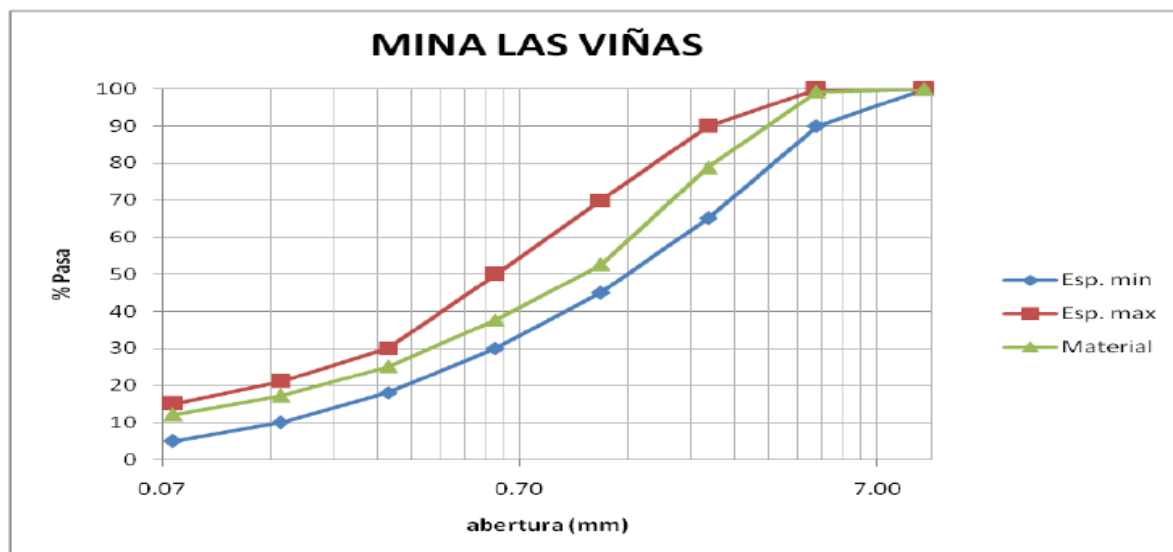
**Tabla 5. 6.- Ensayo de Granulometría (Comprobatorio)**

**ENSAYO # 2 (COMPROBATORIO)**

	Abertura	Retiene Acumulado	Pasa	Especificaciones ISSA	
TAMIZ	(mm)	(gr)	(%)	(%)	min max
3/8	9,5	0,00	0,00	100	100 100
N4	4,75	12,41	0,71	99,29	90 100
N8	2,38	372,54	21,24	78,76	65 90
N16	1,18	832,14	47,43	52,57	45 70
N30	0,6	1093,19	62,31	37,69	30 50
N50	0,3	1314,55	74,93	25,07	18 30
N100	0,15	1452,53	82,8	17,2	10 21
N200	0,075	1542,5	87,92	12,08	5 15
		1754,36	100,00	0,00	

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**Gráfico 5. 7.- Ensayo de Granulometría (Comprobatorio)**



**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

#### **5.5.1.1.2. Ensayo de Equivalente de Arena (ASTM D-2419)**

Este ensayo se utiliza por su rapidez en la determinación de un índice representativo de la proporción y características de los finos, que contiene un suelo granular o un árido fino.

**Recomendado > 65 % “ISSA A 143”**

**Tabla 5. 7.- Ensayo de Equivalente de Arena**

Ensayo # 1		Ensayo # 2	
Lectura Arcilla =	5,1	Lectura Arcilla =	4,9
Lectura Arena =	3,4	Lectura Arena =	3,2
% Equiv. Arena =	66,67%	% Equiv. Arena =	65,31%
% Equiv. De Arena Prom =		65,99%	

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

### 5.5.1.1.3. Ensayo de Reactividad – Azul de metileno (ISSA TB -145)

Este ensayo a través de los indicadores de reactividad de los finos del agregado, determina las características del emulsificante químico, a emplear en la creación de la emulsión asfáltica. (Guilcapi & Santamaria, 2012, pág. 60)

**Tabla 5. 8.-** Ensayo de Reactividad

**Recomendado < 10 mg/g “ISSA A 143”**

	Valor de Azul de Metileno (mg/g)	Desempeño anticipado
12,0 mg - g	$\leq 6$	Excelente
12,0 mg - g	7 - 12	Marginalmente aceptable
11,0 mg - g	13 - 19	Problemas / Posible Falla
	$\geq 20$	Fallado

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

### 5.5.1.1.2. Mezcla

Al ser la carretera en estudio relativamente nueva, contando solo con dos años de vida, para el mantenimiento de varias vías en la provincia de Tungurahua, se ha proyectado colocar como tratamiento superficial un sello o mortero asfáltico. Para esto, se ha solicitado a la empresa EMULDEC (Emulsiones del Ecuador) CIA. LTDA, la utilización de su laboratorio; con el objetivo de diseñar un mortero asfáltico, con los agregados de la mina antes mencionada. La presente disertación es únicamente

aplicable a los agregados que, tengan idénticas características que los usados para este informe.

#### **5.5.1.1.2.1. Ensayo mezcla**

El ligante asfáltico que se utiliza es una emulsión asfáltica de curado lento, Tipo CSS-1H-P modificada con polímeros elastómeros SBR. La emulsión empleada para la fabricación de Mortero Asfáltico, es del tipo catiónica de ruptura lenta modificada con polímero (CSS-1H-P), cuya fórmula maestra se presenta a continuación”:

Asfalto AC-20:	62,000	%
Prom. Adherencia:	0,031	%
Emulsif. C-31H:	1,000	%
Plastificante:	0,620	%
Ácido:	0,200	%
Polímero:	1,860	%
Agua:	34,290	%

Obteniendo así los siguientes ensayos siguientes:

**Asfalto Residual (%).**- La intención esencial de este ensayo consiste en identificar el residuo de las emulsiones asfálticas, a través de la evaporación rápida. Además, es ventajoso para establecer el contenido de asfalto en el menor tiempo posible, fundamentalmente cuando se pretender evaluar el residuo asfáltico procedente de una planta en operación. En general, se trata de comprobar, mediante diferencia de pesada, el contenido de

asfalto de una muestra de emulsión que, se someta a evaporación por calentamiento directo de un recipiente de dimensiones normalizadas (20 cm de diámetro por 5 cm de altura). (Mercado, Bracho, & Avendaño, 2008, pág. 11)

***Viscosidad Saybolt Furol @ 25 °C (seg).***- En este caso, se trata de medir el estado de fluidez de la emulsión a la temperatura de estudio; se implementa con un viscosímetro del tipo Saybolt (de ahí su nombre), a través del que se calcula el periodo en que la muestra de emulsión llena un matraz aforado de 60 cm<sup>3</sup>. Dicho tiempo se usa como una particularidad del tipo de rompimiento de una emulsión; rápido, medio o lento. Los resultados obtenidos, se registran en segundos Saybolt Furol, y por conveniencia y exactitud de ensayo, se desarrolla a una temperatura de 25 °C; la que cubre el intervalo normal de trabajo. (Mercado, Bracho, & Avendaño, 2008, pág. 14) Norma: ASTM D-244

***Penetración en el residuo (1/10 mm).***- Es el procedimiento que permite identificar, la resistencia del asfalto a una temperatura específica. Se trata de calcular la penetración de una aguja de punta cónica estándar, en relación con la fuerza ejercida y el tiempo de implementación. Normalmente, se trabaja a 25 °C con una carga de 100 g durante 5 minutos, y los resultados se expresan en décimas de milímetro; dicha medición se puede reproducir a diversas temperaturas, para valorar la susceptibilidad del asfalto a las modificaciones de temperatura. Entre

dos asfaltos determinados, el de mejor calidad será el que muestre una menor susceptibilidad a la temperatura. (Mercado, Bracho, & Avendaño, 2008, pág. 15)

**Reblandecimiento °C.-** Al ser mezclas complejas, los asfaltos no tienen un punto de fusión definido, y por tanto, su constitución se trona cada vez más suave en función del incremento de la temperatura. Aleatoriamente, se identifica el punto de ablandamiento como la temperatura ante la cual, el asfalto es considerablemente blando, para que una esfera de acero (diámetro de 3/8” y masa de 3,5 g) pase a través de un anillo (diámetro Interno de 5/8” y altura de 1/4”), donde está colocada la muestra de asfalto. El sistema se encuentra ubicado en un baño de agua o de glicerina, cuya temperatura se aumenta a razón de 5 °C por minuto; en el momento en que la esfera traspasa el anillo, la temperatura del baño concierne al punto de ablandamiento. (Mercado, Bracho, & Avendaño, 2008, pág. 15)

**Tabla 5. 9.- Resumen de Resultados “Ensayos de Mezcla”**

Ensayo	Resultado	Especificación
Asfalto Residual (%)	62	$\geq 57$
Viscosidad Saybolt Furol @ 25 °C (seg)	31	20 - 100
Penetración en el Residuo (1/10 mm)	68	40 - 90
Reblandecimiento °C	57	$\geq 57$

**Fuente:** Investigación de Campo

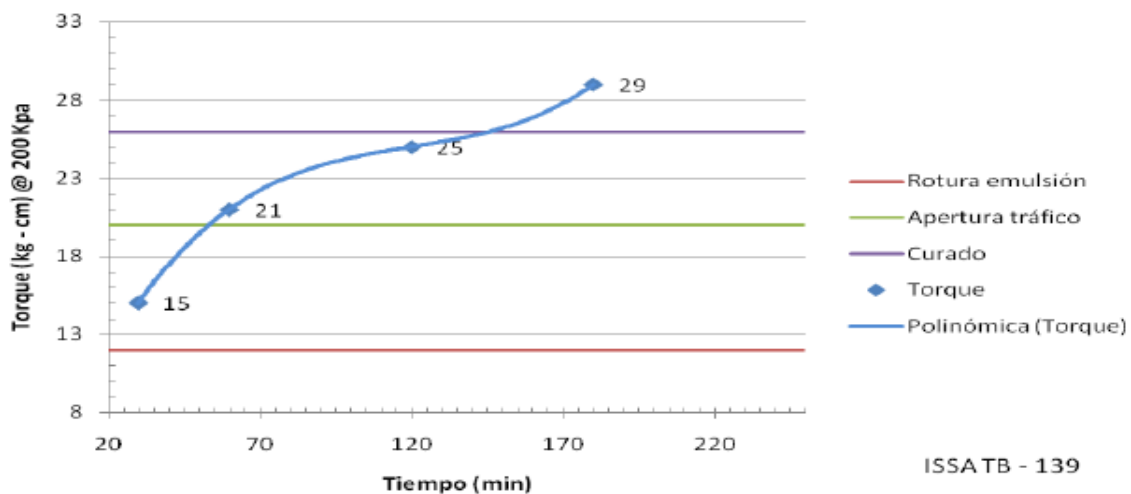
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

#### 5.5.1.1.2.2. Ensayo de Cohesión (ISSA TB – 139)

El presente ensayo, clasifica el sistema en función de la velocidad con que la mezcla desarrolla una correcta cohesión, con el propósito de favorecer el tráfico. Por otra parte, demuestra el progreso de la solidez de la mezcla, según el tiempo de curado; posibilita el establecimiento de las particularidades de rompimiento de la mezcla, y el nivel de cohesión entre el agregado y la emulsión; así como la identificación de los tiempos de apertura al tráfico, en función de las peculiaridades climáticas en la zona de implementación. (Guilcapi & Santamaria, 2012, pág. 208)

**Gráfico 5. 8.- Ensayo de Cohesion, Temperatura Ambiente (Con Luz Solar)**

Características de Rotura y Curado

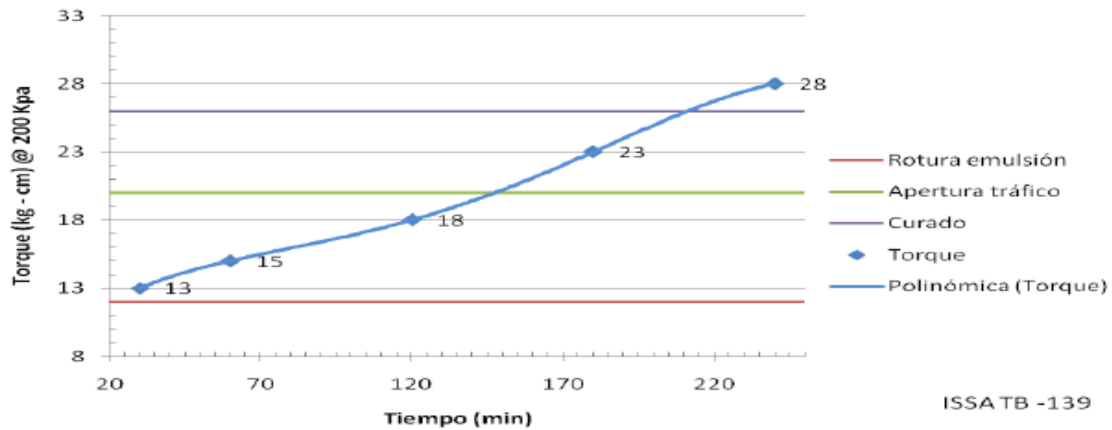


**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile



**Gráfico 5. 9.- Ensayo de Cohesión, Temperatura Ambiente (Bajo sombra)**

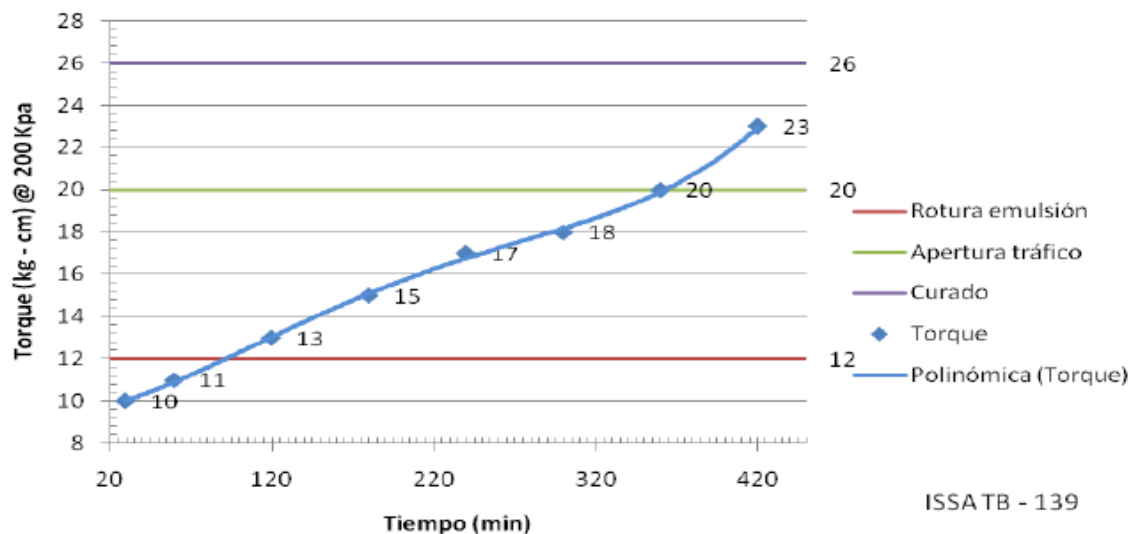
**Características de Rotura y Curado**



**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**Gráfico 5. 10.- Ensayo de Cohesión, Laboratorio 18 °C (Bajo sombra, sin presencia de corrientes de aire)**

**Características de Rotura y Curado**



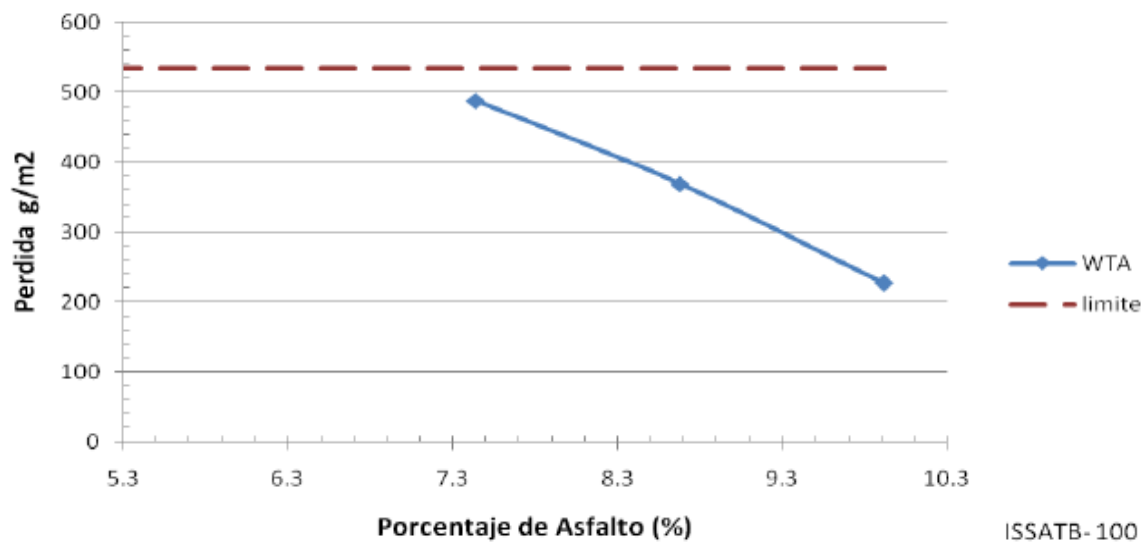
**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**5.5.1.1.2.3. Ensayo de Abrasión Húmedo WTA (ISSA TB-100)**

Este ensayo contribuye a identificar la resistencia al desgaste por abrasión de una mezcla de micropavimento, semejando una superficie del

pavimento saturada por agua. Además, permite la determinación de los niveles inferiores de emulsión asfáltica, imprescindibles para alcanzar una mezcla con gran cohesión, que pueda soportar el impacto rugoso del tráfico. (Álvarez, 2011, pág. 78)

**Gráfico 5. 11.- Ensayo de Abrasión Húmedo WTA (ISSA TB-100)**



ISSA TB-100	<u>Wet - Track Abrasion Loss</u>	
	One - hour Soak	50 g/ft² (538 g/m²) Maximum
	Six - day Soak	75 g/ft² (807 g/m²) Maximum

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**Tabla 5. 10.-** Fórmula de Trabajo

<b>Fórmula de trabajo para Micro-pavimento Tipo II</b>	<b>Mix No. 1</b>
Agregado Mina las Viñas	100%
Cemento Portland	0%
Cal	0%
Sol. $Al_2(SO_4)_3$	0%
Solución Jabonosa	0%
Agua	12%
CSS-1H-P (62% Asfalto Residual +3% polímero SBR)	14,20%
<b>Resultados de pruebas de desempeño (*)</b>	
Tiempo de mezcla @ 20 °C (seg)	> 120 seg
Cohesión 30 min (kg-cm)	15
Cohesión 60 min (kg-cm)	21
Cohesión 120 min (kg-cm)	25
Cohesión 180 min (kg-cm)	29
Abrasión en húmedo (saturación - 1 hora) g/m <sup>2</sup>	368

(\*): Estos resultados fueron obtenidos con las probetas o moldes que se curaron a temperatura ambiente expuestos a la luz solar.

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

#### **5.5.1.1.2.4. Ensayo Rueda Cargada (ISSA TB 109)**

Mediante este ensayo, se establece el contenido mayor de asfalto en mezclas para morteros asfálticos y micropavimentos, proporcionado por la cuantificación de la adhesión de arena en patrones que simulan cargas pesadas, bajo la fuerza que ejerce un neumático. También, permite la cuantificación de los desplazamientos laterales, y se emplea para el diseño de mezcla del sello, con el propósito de medir la exudación de asfalto bajo el impacto de las cargas de

tránsito, la cual se debe impedir considerablemente.  
(Guilcapi & Santamaria, 2012, pág. 257)

## 5.6. Criterios de Diseño

Los ensayos se han realizado de acuerdo a los siguientes parámetros:

**Tabla 5. 11.-** Criterios de Diseño

PRUEBA	Mortero Asfáltico
Tiempo de mezcla (seg.)	180 mín.
Tiempo de ruptura (h)	12 máx.
Tiempo de apertura al tránsito (h)	24 máx.
WTAT pérdida por abrasión	
- 1 hora en agua	807 máx.
- 6 días en agua	NO
LWT Rueda cargada	
- Desplazamiento lateral	NO
- Adhesión de arena	538 máx.

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

Los materiales pétreos provienen de la cantera las Viñas, ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua; los cuales han sido sometidos a procesos de trituración, alcanzando diferentes tipos de materiales. Para el presente diseño, se utilizará la fracción del material pasante de la malla 3/8”, cuyas características son las siguientes”

**Tabla 5. 12.-** Características del material pasante a la malla

<b>Ensayo</b>	<b>Resultado</b>	<b>Especificación para Slurry Seal</b>
Equivalente de arena (%)	65,99 %	45 % mínimo
Abrasión de los Ángeles (%)	55,89 %	35 % mínimo
Desgaste a los Sulfatos (%)	63,00 %	15 % mínimo

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

**Tabla 5. 13.-** Granulometría

<b>Tamiz</b>	<b>% Pasa</b>	<b>Tipo II Especificación ISSA</b>
3/8"	100	100
No. 4	99,25	90 - 100
No. 8	77,85	65 - 90
No. 16	51,89	45 - 70
No. 30	36,51	30 - 50
No. 50	25,38	18 - 30
No. 100	17,92	10 - 21
No. 200	12,57	5 - 15

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

Se utilizó una emulsión asfáltica catiónica cuyo uso es muy común en el Ecuador, debido a que los agregados tienen carga (-); pues la química de la zona volcánica en suelo ensayado, tiene muchos reactivos, y por tanto, se requiere una emulsión de curado lento.

Después de preparar mezclas con distintos porcentajes de sus componentes, se realizan los siguientes ensayos:

- Ensayo de Equivalente de Arena (ASTM D-2419)
- Ensayo de absorción de azul de metileno (ISSA TB-145)
- Ensayo de granulometría de agregados (ASTM C-136 – ASTM C-117)
- Porcentaje Teórico de Emulsión (ISSA TB – 118)

- Ensayo de tiempo de mezcla (ISSA TB-102)
- Ensayo de cohesión (ISSA TB – 139)
- Ensayo de abrasión en húmedo (ISSA TB-100)

A partir de los resultados con estas pruebas, se determina la siguiente Fórmula Maestra de Obra, sobre la base de agregados secos, La emulsión utilizada para la fabricación de Mortero Asfáltico es del tipo catiónica de ruptura lenta modificada con polímero (**CSS-1H-P**), cuya fórmula se presenta a continuación:

Asfalto AC-20:	62,00	%
Prom. Adherencia:	0,031	%
Emulsif. C-31H:	1,00	%
Plastificante:	0,62	%
Ácido:	0,20	%
Polímero:	1,86	%
Agua:	34,29	%

#### 5.6.1. Conclusiones y Recomendaciones

- El agregado triturado pasante del tamiz 3/8” de la cantera las Viñas ciudad Ambato, provincia de Tungurahua, cumple con los requerimientos para un Slurry Seal Tipo II de la norma ISSA.
- La emulsión CSS-1H-P cumple con la especificación de una emulsión para Slurry Seal.
- La mezcla entre el agregado de la mina las Viñas y la Emulsión CSS-1H-P es estable, consistente y homogénea, por lo que puede abrirse al tráfico en tres horas.
- Antes de realizar las aplicaciones en obra, se debe calibrar la pavimentadora de mortero asfáltico, de acuerdo a la Fórmula Maestra de Obra del presente diseño.
- El mortero asfáltico no se debe ubicar, cuando la temperatura del pavimento o del ambiente son menores de 10 ° C; si está lloviendo, hay amenaza de lluvias o se pronostican temperaturas por debajo de 0 ° C, durante las 24 horas siguientes a su aplicación.

## CAPÍTULO VI

### PRESUPUESTO REFERENCIAL

#### 6.1. Volumen de obra

Sobre la base del inventario vial y la evaluación del pavimento, se determinó el volumen de obra a ejecutarse, con el propósito de que la vía se encuentre en óptimas condiciones de servicio. En la tabla siguiente, se especifica la cantidad de obra por inventario; sin embargo, para objetos de contratación y establecer un presupuesto efectivo, se opta por incluir la columna de cantidad de obra a contratar, en la que se define un margen de error de un 2%, con lo cual se evitan problemas posteriores por incremento de obras.

**Tabla 6. 1.- Volumen de Obra**

RUBRO	CANTIDAD INVENTARIO	CANTIDAD CONTRATAR	UNIDAD
Área Slurry	74.877,00	76.375,00	m2.
Cunetas hormigón	1.380,00	1.408,00	m.
Sello de fisuras	2032,00	2073,00	m.
Fresado de pavimento	711,00	725,00	m2
Bacheo mayor y menor	711,00	725,00	m2
Señalización horizontal	25,74	27,00	Km.

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

#### 6.2. Análisis de Precios Unitarios

El precio unitario de cada rubro se estableció en función del costo de la maquinaria o equipo a utilizarse; la mano de obra del personal operacional que está sujeto a la tabla, es determinada por el ministerio correspondiente, al material a utilizarse y al transporte. En este caso se asume una distancia de acarreo hasta el centro de opresiones de la vía de 10 km, considerando que las fuentes de material pétreo y las plantas para producción de asfaltos y Slurry se encuentran en el sector de las Viñas, localizado a corta distancia de la vía Izamba – Píllaro, cantón Ambato.

(Véase en Anexo No. 4, el detalle para cálculo del precio unitario de los demás rubros)

**Tabla 6. 2.-** Análisis de Precios Unitarios Rubro 1

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: 1			Unidad: m		
DETALLE: Sello de fisuras					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	(A)	(B)	C=A*B	R	D=C*R
HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	1,00				0,00
SELLADORA DE FISURAS	1,00	35,00	35,00	0,0040	0,14
CAMIÓN	1,00	25,00	25,00	0,0040	0,10
SUBTOTAL M					0,25
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD	JORNAL /hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	(A)	(B)	C=A*B	R	D=C*R
MAES. MAYOR. O.C. (EST. OCUP. C1)	1,00	4,03	4,03	0,0040	0,02
PEON (EST. OCUP. E2)	5,00	3,65	18,25	0,0040	0,07
CHOF. OTROS CAMIONES (EST. OCUP. C1)	1,00	5,03	5,03	0,0040	0,02
OP. SELLADORA DE FISURAS (EST. OCUP. C1)	1,00	4,03	4,03	0,0040	0,02
SUBTOTAL N					0,13
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		(A)	(B)	C=A*B	
ASFALTO CON POLÍMEROS	KG	0,250	1,35	0,34	
ARENA PARA FISURAS	M3	0,010	14,00	0,14	
SUBTOTAL O					0,48
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		(A)	(B)	C=A*B	
MATERIAL PÉTREO	M3/KM	0,40	0,20	0,08	
SUBTOTAL P					0,08
ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.		TOTAL COSTO DIRECTO X=(M+N+O+P)			0,94
		INDIRECTOS: 0,13 %			0,12
		UTILIDAD: 0,07 %			0,0658
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			1,1258
		VALOR OFERTADO			1,13

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile



### 6.3. Presupuesto Referencial

Para determinar el Presupuesto Referencial, se definieron los rubros a ejecutarse y se estableció un precio unitario para cada uno.

**Tabla 6. 3.- Presupuesto Referencial**

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL					
PRESUPUESTO REFERENCIAL					
VÍA :	Izamba (Yacumpamba) - Píllaro (Redondel de ingreso), cantón Ambato, provincia de Tungurahua				
OBRA:	Mantenimiento Preventivo				
LONGITUD:	8,58 km.				
PLAZO:	60 días				
ELABORADO POR:	Alvarado - Freile				
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Sello de fisuras	m	2.073,00	1,13	2.342,49
2	Fresado incluye desalojo de material	m <sup>3</sup>	725,00	12,28	8.903,00
3	Bacheo mayor y menor	m <sup>2</sup>	725,00	130,70	94.757,50
4	Cuneta de hormigón simple f'c=180 kg/cm2	m	1.380,00	12,73	17.567,40
5	SLURRY (Mortero asfáltico modificado con polímeros), espesor 5 mm	m <sup>2</sup>	74.940,00	2,55	191.097,00
6	Señalización horizontal a=12cm	km	27,00	431,97	11.663,19
<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL</b>					<b>326.330,56</b>

**Fuente:** Investigación de Campo  
**Elaborado por:** José Alvarado y Fabián Freile

## **CAPÍTULO VII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **7.1. Recomendaciones**

- Los resultados presentados en esta disertación, han sido obtenidos en condiciones controladas de laboratorio, debiendo ratificarse los resultados en condiciones reales de trabajo en campo.
- Durante el proceso constructivo se deberán realizar por cada entrega de material, muestreos y ensayos de los materiales utilizados para ratificar que se cumplan los requerimientos de calidad, dados en las especificaciones.
- Es necesario que la humedad de los agregados, granulometría, plasticidad y valores de equivalente de arena sean controlados, al menos al inicio de cada jornada y por cada entrega de material; llevando un registro estadístico detallado de los resultados, para mantener un historial que, permita tomar decisiones en caso de requerirse alguna modificación al diseño o emulsión.
- En caso de existir variaciones en las características del material, se deberá rediseñar la mezcla.
- El agua a ser utilizada en el diseño, deberá estar pura y limpia de cualquier tipo de contaminación orgánica o química.
- No se deben realizar trabajos en caso de humedad excesiva o posibilidad de lluvias. La humedad ambiental afecta notablemente las características de la mezcla, por lo que se deberá llevar en campo un registro detallado de la variación de las condiciones ambientales que, permita mantener un historial en caso de requerirse alguna modificación al diseño.
- El desarrollo de los ensayos anotados en esta disertación, se realizó en las condiciones ambientales normales de la planta EMULDEC CIA. LTDA. Con temperatura promedio entre 18 y 20 °C
- Los porcentajes que se indican para la mezcla están en función al peso seco del agregado: factor que se deberá tomar muy en cuenta en la ejecución de

la obra. El exceso de agua en la mezcla originará definitivamente un tiempo de rotura y curado más alto.

- Debido a que el mortero asfáltico Slurry Seal es un sistema sensitivo al agua, una variación del 1% al 2% en el contenido de agua, puede tener un efecto significativo en los resultados de laboratorio y en calidad de aplicación.
- La preparación de la mezcla tiene considerablemente influencia en los resultados de laboratorio. Si no se toma extremo cuidado con la preparación de las muestras, se puede producir la segregación de los agregados.
- El mezclado y la prueba de cohesión en húmedo, deberán realizarse para varios contenidos de humedad, humedades relativas y temperaturas, con el objetivo de simular las condiciones que se esperan en campo.
- Tener en cuenta que el agregado puede fallar en el diseño del mortero asfáltico, debido a la falta o exceso de finos, partículas que se encuentran muy pulidas, la existencia de contaminación de arcilla o de partículas de mayor diámetro (grueso).
- Para que el tendido del material en situ sea óptimo, se debe realizar una franja de prueba; de igual manera, hay que revisar que la maquina pavimentadora se encuentre calibrada y finalmente tomar en cuenta el tiempo para la colocación del Slurry Seal.
- Al momento de escoger y utilizar la emulsión asfáltica, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos: tamaño de los glóbulos, estabilidad, estado del asfalto y nivel de sedimentación.

## **7.2. Conclusiones**

- El Slurry Seal es una alternativa de mantenimiento preventivo y/o correctivo que, mejora y corrige los niveles de serviciabilidad de las vías asfaltadas, siendo una alternativa eficaz para tomar en cuenta en el mantenimiento de vías.

- Mediante la aplicación del Slurry Seal se mejoran los valores de IRI, dando índices menores a 1.5 m/km y cumpliendo ampliamente las especificaciones técnicas y los requerimientos del MTOP – 2001.
- La aplicación en el tramo Izamba - Píllaro 0+000 al km 8+500 mejoró la resistencia al deslizamiento, obteniendo valores de coeficiente de resistencia al deslizamiento mayores a 0.45, detallados por las especificaciones técnicas del MTOP - 2001, garantizando así una buena fricción entre neumático y carpeta de rodadura.
- La durabilidad del Slurry Seal es garantizada si se cumplen las especificaciones técnicas establecidas para el ensayo de Rueda Cargada, este ensayo se verificó en laboratorio de lima y también en pista, observándose un buen comportamiento.
- El Slurry Seal es una alternativa económica frente a otras alternativas de mantenimiento, es ecológica, corrige problemas de ahuellamientos y fisuras insipientes.
- Se recomienda trabajar con arena 100% triturada, ya que de este parámetro dependerá el comportamiento que se obtendrá en cuanto a durabilidad y resistencia al deslizamiento.
- Se sugiere hacer correcciones respecto a la humedad de mezclado del Slurry Seal, de acuerdo a la temperatura ambiente, ya que de esto dependerá la funcionabilidad y reacomodo de partículas.
- Es recomendable que los trabajos anteriores a la colocación del Slurry Seal, como son sello de fisuras y grietas con elastomérico y bacheo, sean bien ejecutados ya que de estos dependerá mucho el comportamiento del Slurry Seal.
- En vías que presenten fisuramiento considerable, se sugiere optar por un sello de fisuras.
- Considerando los resultados obtenidos en el proyecto de la vía Izamba – Píllaro, en los últimos tiempos, se ha optado por la utilización del mortero asfáltico Slurry Seal en otras carreteras del Ecuador; lo cual es evaluado satisfactoriamente, como un aporte dentro de esta área de estudio e investigación vial. Pues se traduce en la primicia de empleo de nuevas

tecnologías y metodologías, para desarrollar el mantenimiento preventivo de las carreteras.

- Es posible fortalecer y recubrir aquellas capas de rodadura deterioradas y fraccionadas, cuando se cuenta con una estructura de pavimento de buena calidad remanente.
- Esta técnica de conservación y perfeccionamiento cuenta con numerosas ventajas en relación a otros métodos, como: su mínimo precio, bajo impacto ambiental, rápida implementación y facilidad al tránsito.
- La utilización más apropiada y oportuna del mortero asfáltico es el de revestimiento, con el propósito de preservar la carpeta envejecida, deteriorada y fraccionada, producto del paso de los años, el desperfecto constructivo o del propio uso reiterado; pero ello deben implementarse en un paquete estructural que todavía pueda resistir el impacto de la circulación de vehículos por un largo periodo, ya que la nueva capa no brinda estructura al pavimento, pero sí contribuye en conservación; resguardándolo del defecto del agua superficial y sirviendo además, para solucionar pequeños desperfectos superficiales que, podrían atentar contra la seguridad del tráfico y disminuir la vida útil de la carretera.
- Para la aplicación del mortero asfáltico Slurry Seal, el aprovechamiento de recursos naturales, como canteras de piedras y energía, y la contaminación del aire y del agua, se reducen significativamente.
- Luego de un análisis económico se establece que, la inversión requerida cuando se utiliza un mortero asfáltico es usualmente factible y asequible, en comparación con el doble tratamiento superficial; pues no se necesita un gasto inicial muy alto, lo cual hace posible la conservación de una extensión superior de carreteras y con esto, un incremento considerable de su vida útil, y por tanto, se contribuye al ahorro de la nación ecuatoriana.
- En relación a la elaboración de la mezcla, es posible señalar que esta se debe realizar de acuerdo al tipo de agregado a usar, y en función de los ensayos correspondientes, se estará en mejores condiciones para determinar cuál emulsión tendrá resultados más satisfactorios.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alegria, J. A., Ayala, R. F., & Fuentes, C. E. (2004). *Propuesta de un Manual de Diseño Geometrico de Carreteras para el Salvador*. San Salvador: Adventure.
- Almeida, V. (2008). *Modelo para realizar el inventario de vías en la provincia de Tungurahua, aplicando el programa ARCGIS 8.3*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Álvarez, B. R. (2011). *Uso de los Morteros en Vías: Colocación del mortero asfáltico Slurry Seal en la vía La Armenia - Pacto tramo Gualera Cruz - Pacto*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Argüello, J., & Martínez, R. (2004). *Manual Andino para la Construcción y Mantenimiento de Empedrados*. Quito: Organización Internacional del Trabajo.
- Armijos, C. R. (2009). *Evaluación superficial de algunas calles de la ciudad de Loja*. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Bardales, C. G., & Cheng, G. I. (2013). *Elaboración de las curvas de ciclo de vida de las Carreteras CA-1, CA-2, y CA-3*. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- Barrionuevo, L. G. (2012). *Diseño del Micropavimento Utilizando Emulsión Asfáltica Modificada con Polímero, con agregado procedente de la cantera Calagua de la ciudad de San Miguel, provincia de Bolívar*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Beltrán, C. A. (2013). *Las condiciones de las vías centrales de la parroquia el Rosario, cantón Pelileo, provincia de Tungurahua y su incidencia en la calidad de vida de sus moradores*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Bernal, Á. A. (2012). *Manejo y Optimización de las Operaciones de Mantenimiento Preventivo y Correctivo en un Taller Automotriz*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- CAF. (2010). Generalidades sobre Mantenimiento Vial. *Mantenimiento vial. Informe Sectorial*, 9-15. Obtenido de [www.caf.com/publicaciones](http://www.caf.com/publicaciones)
- Chanatásig, E. M. (2011). *El tráfico interprovincial y su incidencia en el bienestar de los moradores del centro urbano del cantón San Miguel de Salcedo, provincia de Cotopaxi*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

- Consortio Quillamba. (13 de Marzo de 2012). *Mantenimiento rutinario y periódico de la vía. Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Cusco-Quillabamba, Tramo I: Alfamayo-Chauyllay-Quillabamba*. Recuperado el 22 de enero de 2015, de <http://www.gis.proviasnac.gob.pe/...%20INFORME%20DE%20MANTENIMIENTO...>
- Corredor M., I., & Corros B., I. (15 de Agosto de 2010). Diseño de Pavimentos, Evaluación de Pavimentos. *Maestría en Vías Terrestres, Diseño de Pavimentos, Evaluación de Pavimentos*. Managua : Ministerio de Transporte e Infraestructura.
- Corros, M., Urbáez, E., & Corredor, G. (14 de Mayo de 2009). *Manual de herramientas para la evaluación funcional y estructural de pavimentos flexibles*. Bogotá: Inveas.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Rumiñahui. (12 de Septiembre de 2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Cantón Rumiñahui*. Recuperado el 14 de febrero de 2015, de <http://www.ruminahui.gob.ec>
- Guevara, L. A. (2009). *Modelo de mantenimiento vial que permita desarrollar planes de conservación en la capa de rodadura para vías interparroquiales de la provincia de Tungurahua*. Ámbato: Universidad Técnica de Ámbato .
- Guilcapi, O. S., & Santamaria, F. X. (4 de Julio de 2012). *Análisis comparativo de emulsiones asfálticas con polímeros tipo SBR en el diseño de micropavimentos empleando agregados de las canteras de Guayllabamba y San Antonio*. Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejército. Recuperado el 23 de Junio de 2015, de [www.repositorio.espe.edu.ec/.../2/T-ESPE-033754-P.pptx](http://www.repositorio.espe.edu.ec/.../2/T-ESPE-033754-P.pptx).
- Hernández, L. A. (2013). *Proyecto Geométrico de la calle principal el Palmar estación, Municipio de Emiliano Zapata*. Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Hidalgo, F. A. (9 de Junio de 2007). *Definición moderna de los parámetros para el diseño de pavimentos*. Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejército. Recuperado el 12 de Marzo de 2015, de [tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/2944/Capitulo2.pd](http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/2944/Capitulo2.pd).

- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2014). *Boletín climatológico*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- JUGO, B. (1989). *Sistema de Gerencia de Inversiones en Pavimentos (GIP). Manual del Usuario. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Direccion General Sectorial de Vialidad Terrestre*. Caracas, Venezuela.
- López, J. L., Pérez, J. T., Tello, J. M., De la Mata, R., & Ruiz, M. J. (2006). *Peón Especializado de Carreteras*. Sevilla: Mad, S.L.
- Macchiavello, J. (12 de Enero de 2001). Acuerdo 001 del 12 enero del 2001. *Clasificación de los caminos a nivel nacional*. Quito: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones del Ecuador .
- Magallanes, J. C., & Laica, J. E. (2011). *Mantenimiento de la capa de rodadura de concreto asfáltico en pavimento flexible*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Maylin Corros, B., Ernesto Urbaez , P., & Corredor , G. M. (2009). Maestria en Vías Terrestres, Diseño de Pavimentos I. En M. Corros B., E. Urbáez P., & G. Corredor M., *Maestria en Vías Terrestres, Diseño de Pavimentos I* (pág. 45). Bogota: Universidad Nacional de Ingenieria .
- Medina, A., Ramírez, P. M., & Rancier, G. (2011). *Libro Conmemorativo 2011, RECOPIACION DE LOS MEJORES PROYECTOS*. Republica Dominicana: Efelto Graph.
- Menéndez, J. R. (2003). *Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas*. Lima: Publicaciones Adventure Works.
- Mercado, R., Bracho, C., & Avendaño, J. (2008). *Emulsiones Asfálticas, Usos - Rompimiento*. Mérida: Universidad de los Andes.
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2002). *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*. Informe, Quito.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (12 de enero de 2012). Instructivo para llenado del formulario de eventos. *Conservación del Transporte*. Quito: Subsecretaria de Infraestructura del Transporte, Dirección de Conservación del Transporte.



- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2012). *Estudio de Ingeniería de Carreteras y Estructuración Jurídica, Técnica y Económico-Financiera*. Quito: INECO.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). *Norma Ecuatoriana Vial. NEVI-12-MTOP*. Quito: Subsecretaría de Infraestructura del Transporte.
- Ministerio del Transporte. (25 de Noviembre de 2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Colombia: Instituto Nacional de Vías. Recuperado el 19 de Agosto de 2015
- Moreno, J. N. (2002). *Manual para Diseño de Carreteras*. Bucaramanga: Editorial Ltda.
- Morocho, D. D. (2010). *Determinación y Evaluación de las patologías del concreto en las veredas de la urbanización santa Maria del Pinar, del distrito de Piura, provincia de Piura, departamento de Piura*. Piura: Universidad Catoloca de Chimbote.
- Navarro, S. (13 de Septiembre de 2013). *Diseño y cálculo geométrico de viales. Alineamiento horizontal*. Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado el 12 de Marzo de 2015
- Noriega, W. (14 de Enero de 2013). <http://ingenieriasalva.blogspot.com/2008/12/ndice-internacional-de-rugosidad-iri.html>. Recuperado el 12 de Abril de 2015
- Olivera, F. (1998). *Estructuración de vías terrestres*. México: Continental.
- P.U.C.E. (14 de Febrero de 2013). <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/2717/T-PUCE-3445-3.pdf?sequence=5&isAllowed=y>. Recuperado el 23 de Abril de 2015, de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/2717/T-PUCE-3445-3.pdf?sequence=5&isAllowed=y>.
- Palacios, A. F. (2014). *Las condiciones de la via capulispamba - Pingulí del cantón Mocha, Provincia de Tungurahua y su incidencia en la calidad de vida de la población*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Palacios, E. A. (03 de Agosto de 2014). *Caminos I. El diseño geométrico. Sección transversal*. Recuperado el 13 de Marzo de 2015, de [es.slideshare.net/freddyramirofloresvega/diseo-de-carreteras-37615234](https://es.slideshare.net/freddyramirofloresvega/diseo-de-carreteras-37615234)

- Patiño, M. C., Garnica, P., & Rico, A. (1998). *Índice Internacional de Rugosidad en la red carretera de México*. México: Secretaria de Comunicaciones y Transporte, Ministerio de Transporte.
- Pumisacho, K. C. (2014). *Las condiciones Técnicas de la vía San Fernando - Puculeo Bajo de la parroquia San Fernando, cantón Ambato, provincia Tunguragua y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes del sector*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- QuimiNet.com. (22 de Septiembre de 2009). *El mantenimiento preventivo de los pavimentos*. Recuperado el 10 de Febrero de 2015, de [www.quiminet.com/.../el-mantenimiento-preventivo-de-los-pavimentos-...](http://www.quiminet.com/.../el-mantenimiento-preventivo-de-los-pavimentos-...)
- Quintero, J. R. (2011). Inventarios viales y categorización de la red vial en estudios de Ingeniería de Tránsito y Transporte. *Revista Facultad de Ingeniería*, 20(30), 65-77.
- Rodríguez, E. D. (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla*. Piura: Universidad de Piura.
- Ronquillo, A. V. (2015). *Incidencia del Incremento de Tráfico en el costo del mantenimiento de la carretera Calpi - San Juan - El Arenal - empate via Ambato Guaradnda*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Salazar, A. (2008). *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. México: IMCYC.
- Sánchez, M. J. (2010). *Evaluación Integral de la Vía Local Cumaná - Cumanacoa (L001); Progresiva 0+000 (Puente aliviadero manzanares) hasta progresiva 10+000 (vía Cumanacoa), de los Municipios Sucre y Montes del Estado Sucre*. Puerto la Cruz: Universidad de Oriente.
- SlideShare. (10 de Junio de 2015). <http://www.slideshare.net/geral24/subrasante>. Recuperado el 10 de Octubre de 2015
- Solminihaç, H. (2001). *Gestión de infraestructura vial*. 2da Edición. Santiago de Chile: Universidad Católica de Chile.
- Tapuy, M. G. (2015). *Estudio de la carretera el Calvario desde la entrada a la comunidad de Muyuna hasta la comunidad de Alto Pano, en la parroquia Tena*,

*provincia de Napo y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes del sector.* Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

Vásquez, L. R. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras.* Manizales: ingepav.

VASQUEZ, V. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de concreto en carreteras.* . Manizales, Colombia : Ingepav.

Villanueva, J. C. (2011). *Gestion de conservación vial. Medicion del PCI en el pavimento.* Managua: Universidad Nacional de Maestría.

Volpe, F. (27 de Enero de 2013). *www.academia.edu.* Recuperado el 17 de Marzo de 2015

Zalamea, E. (2012). Mampostería Post-tensada. Una alternativa constructiva para Ecuador y regiones sísmicas. *Ingeniería de Obras Civiles*, 2, 33-56.

Zambrano, M. I. (2013). *Caracterización de una Emulsión Asfáltica Catiónica Modificada para su empleo en Micro-Aglomerados en Frío.* Portoviejo: Universidad Técnica de Manabí.

## ANEXOS

### Anexo No. 1. Inventario Vial

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL										
INVENTARIO VIA IZAMBA - PÍLLARO (TRAMO YACUPAMBA - INGRESO PÍLLARO)										
ABSCISA	ANCHO	DISTANCIA	ÁREA	CUNETAS		MUROS		GUARDAV. METAL		OBSERVACIONES
	CALZADA	(m)	ASFALTO	HORMIGÓN						
	(m)		(m2)	I	D	I	D	I	D	
0+000	10	20		si	si	no	no	no	no	Yacupamba (ingreso aeropuerto)
0+020	10	20	200	si	si	no	no	no	no	
0+040	9,9	20	198	si	si	no	no	no	no	
0+060	9,5	20	190	si	si	no	no	no	no	Cruce vía ingreso paso lateral
0+080	9	20	180	si	si	no	no	no	no	
0+100	9	20	180	si	si	no	no	no	no	
0+120	9	20	180	si	si	no	no	no	no	
0+140	9	20	180	si	si	no	no	no	no	
0+160	9,25	20	185	si	si	no	no	no	no	
0+180	9	20	180	si	si	no	no	no	no	
0+200	9	20	180	si	si	no	no	no	no	
0+220	9	20	180	si	si	no	no	no	no	
0+240	9	20	180	si	si	no	no	no	no	
0+260	9	20	180	si	si	no	no	no	no	
0+280	9	20	180	si	si	no	no	no	no	
0+300	8,8	20	176	si	si	no	no	no	no	
0+320	8,6	20	172	si	si	no	no	no	no	
0+340	8,7	20	174	si	si	no	no	no	no	
0+360	8,8	20	176	si	si	no	no	no	no	
0+380	8,5	20	170	si	si	no	no	no	no	
0+400	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	
0+420	8,2	20	164	si	si	no	no	no	no	
0+440	8,3	20	166	si	si	no	no	no	no	
0+460	8,3	20	166	si	si	no	no	no	no	
0+480	8,4	20	168	si	si	no	no	no	no	
0+500	8,8	20	176	si	si	no	no	no	no	
0+520	9,3	20	186	si	si	no	no	no	no	
0+540	8,7	20	174	si	si	no	no	no	no	
0+560	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	
0+580	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	
0+600	8,7	20	174	si	si	no	no	no	no	
0+620	8,7	20	174	si	si	no	no	no	no	
0+640	9,2	20	184	si	si	no	no	no	no	
0+660	9,4	20	188	si	si	no	no	no	no	
0+680	9,6	20	192	si	si	no	no	no	no	
0+700	9,4	20	188	si	si	no	no	no	no	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL										
INVENTARIO VÍA IZAMBA - PÍLLARO (TRAMO YACUPAMBA - INGRESO PÍLLARO)										
ABSCISA	ANCHO	DISTANCIA	ÁREA	CUNETAS		MUROS		GUARDAV. METAL		OBSERVACIONES
	CALZADA	(m)	ASFALTO	HORMIGÓN						
	(m)		(m2)	I	D	I	D	I	D	
0+700	9,4	20	188	si	si	no	no	no	no	
0+720	9,3	20	186	si	si	no	no	no	no	
0+740	9,1	20	182	si	si	no	no	no	no	
0+760	8,9	20	178	si	si	no	no	no	no	
0+780	8,8	20	176	si	si	no	no	no	no	
0+800	8,7	20	174	si	si	no	no	no	no	
0+820	8,7	20	174	si	si	no	no	no	no	
0+840	9,9	20	198	si	si	no	no	no	no	
0+860	9,9	20	198	si	si	no	no	no	no	
0+880	9,1	20	182	si	si	no	no	no	no	
0+900	9,1	20	182	si	si	no	no	no	no	
0+920	9,3	20	186	si	si	no	no	no	no	
0+940	9,3	20	186	si	si	no	no	no	no	
0+960	9,6	20	192	si	si	no	no	no	no	
0+980	9,6	20	192	si	si	no	no	no	no	
1+000	9,7	20	194	si	si	no	no	no	no	
1+020	9,7	20	194	si	si	no	no	no	no	
1+040	9,8	20	196	si	si	no	no	no	no	
1+060	9,8	20	196	si	si	no	no	no	no	
1+080	9,6	20	192	si	si	no	no	no	no	
1+100	9,6	20	192	si	si	no	no	no	no	
1+120	9,4	20	188	si	si	no	no	no	no	
1+140	9,4	20	188	si	si	no	no	no	no	
1+160	9,4	20	188	si	si	no	no	no	no	
1+180	9,4	20	188	si	si	no	no	no	no	
1+200	9,3	20	186	si	si	no	no	no	no	
1+220	9,3	20	186	si	si	no	no	no	no	
1+240	9,3	20	186	si	si	no	no	no	no	
1+260	9,3	20	186	si	si	no	no	no	no	
1+280	9,3	20	186	si	si	no	no	no	no	
1+300	9,3	20	186	si	si	no	no	no	no	
1+320	9,3	20	186	si	si	no	no	no	no	
1+340	9,3	20	186	si	si	no	no	no	no	
1+360	9,3	20	186	si	si	no	no	no	no	
1+380	9,3	20	186	si	si	no	no	no	no	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL										
INVENTARIO VIA IZAMBA - PÍLLARO (TRAMO YACUPAMBA - INGRESO PÍLLARO)										
ABSCISA	ANCHO CALZADA (m)	DISTANCIA (m)	ÁREA ASFALTO (m2)	CUNETAS HORMIGÓN		MUROS		GUARDAV. METAL		OBSERVACIONES
				I	D	I	D	I	D	
1+420	9,3	20	186	si	si	no	no	no	no	
1+440	9,8	20	196	si	si	no	no	no	no	
1+460	9,8	20	196	si	si	no	no	no	no	
1+480	10,2	20	204	si	si	no	no	no	no	
1+500	10,2	20	204	si	si	no	no	no	no	Cruce vía Parque Recuerdos
1+520	10,2	20	204	si	si	no	no	no	no	
1+540	10,2	20	204	si	si	no	no	no	no	
1+560	10,2	20	204	si	si	no	no	no	no	
1+580	10,5	20	210	si	si	no	no	no	no	
1+600	11	20	220	si	si	no	no	no	no	Acceso perrera municipal
1+620	11,3	20	226	si	si	no	no	no	no	
1+640	11,5	20	230	si	si	no	no	no	no	
1+660	11,5	20	230	si	si	no	no	no	no	
1+680	11,7	20	234	si	si	no	no	no	no	
1+700	11,9	20	238	si	si	no	no	no	no	
1+720	12	20	240	si	si	no	no	no	no	
1+740	12	20	240	si	si	no	no	no	no	
1+760	12,2	20	244	si	si	no	no	no	no	
1+780	12,3	20	246	si	si	no	no	no	no	
1+800	12,3	20	246	si	si	no	no	no	no	
1+820	12,6	20	252	si	si	no	no	no	no	
1+840	12,6	20	252	si	si	no	no	no	no	
1+860	13	20	260	si	si	no	no	no	no	
1+880	12,4	20	248	si	si	no	no	no	no	
1+900	11,7	20	234	si	si	no	no	no	no	
1+920	11,4	20	228	si	si	no	no	no	no	
1+940	11,4	20	228	si	si	no	no	no	no	
1+960	11,2	20	224	si	si	no	no	no	no	
1+980	11,2	20	224	si	si	no	no	no	no	
2+000	11,2	20	224	si	si	no	no	no	no	
2+020	11,3	20	226	si	si	no	no	no	no	
2+040	11,3	20	226	si	si	no	no	no	no	
2+060	11	20	220	si	si	no	no	no	no	
2+080	11	20	220	si	si	no	no	no	no	Alcantarilla hormigón tipo cajón
2+100	10,8	20	216	si	si	no	no	no	no	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL										
INVENTARIO VÍA IZAMBA - PÍLLARO (TRAMO YACUPAMBA - INGRESO PÍLLARO)										
ABSCISA	ANCHO CALZADA (m)	DISTANCIA (m)	ÁREA ASFALTO (m2)	CUNETAS HORMIGÓN		MUROS		GUARDAV. METAL		OBSERVACIONES
				I	D	I	D	I	D	
2+120	10,4	20	208	si	si	no	no	no	no	
2+140	10,4	20	208	si	si	no	no	no	no	Alcantarilla hormigón rect. 2x1
2+160	10,3	20	206	si	si	no	no	no	no	
2+180	10,2	20	204	si	si	no	no	no	no	
2+200	10,1	20	202	si	si	no	no	no	no	
2+220	10,1	20	202	si	si	no	no	no	no	
2+240	10,1	20	202	si	si	no	no	no	no	
2+260	10,3	20	206	si	si	no	no	no	no	
2+280	10,6	20	212	si	si	no	no	no	no	
2+300	10	20	200	si	si	no	no	no	no	
2+320	9,6	20	192	si	si	no	no	no	no	
2+340	9,6	20	192	si	si	no	no	no	no	
2+360	9,4	20	188	si	si	no	no	no	no	
2+380	9,2	20	184	si	si	no	no	no	no	
2+400	9,2	20	184	si	si	no	no	no	no	
2+420	8,9	20	178	si	si	no	no	no	no	
2+440	8,9	20	178	si	si	no	no	no	no	
2+460	8,9	20	178	si	si	no	no	no	no	
2+480	9,3	20	186	si	si	no	no	no	no	Ingreso mina arena Los Pinos
2+500	9,7	20	194	si	si	no	no	no	no	
2+520	10,2	20	204	si	si	no	no	no	no	
2+540	10,7	20	214	si	si	no	no	no	no	
2+560	10,7	20	214	si	si	no	no	no	no	
2+580	10,8	20	216	si	si	no	no	no	no	
2+600	10,9	20	218	si	si	no	no	no	no	
2+620	10,9	20	218	si	si	no	no	no	no	
2+640	10,9	20	218	si	si	no	no	no	no	
2+660	11	20	220	si	si	no	no	no	no	
2+680	11,3	20	226	si	si	no	no	no	no	
2+700	11,6	20	232	si	si	no	no	no	no	
2+720	11,4	20	228	si	si	no	no	no	no	
2+740	11,2	20	224	si	si	no	no	no	no	
2+760	11,2	20	224	si	si	no	no	no	no	
2+780	8,9	20	178	si	si	no	no	no	no	
2+800	8,7	20	174	si	si	no	no	no	no	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL										
INVENTARIO VIA IZAMBA - PÍLLARO (TRAMO YACUPAMBA - INGRESO PÍLLARO)										
ABSCISA	ANCHO CALZADA (m)	DISTANCIA (m)	ÁREA ASFALTO (m2)	CUNETAS HORMIGÓN		MUROS		GUARDAV. METAL		OBSERVACIONES
				I	D	I	D	I	D	
2+820	10,3	20	206	si	si	no	no	no	no	
2+840	11,9	20	238	si	si	no	no	no	no	
2+860	12	20	240	si	si	no	no	no	no	
2+880	12	20	240	si	si	no	no	no	no	
2+900	12,5	20	250	si	si	no	no	no	no	
2+920	12,5	20	250	si	si	no	no	no	no	Ingreso relleno sanitario Ambato
2+940	12,9	20	258	si	si	no	no	no	no	
2+960	12,9	20	258	si	si	no	no	no	no	Planta producción asfaltos
2+980	11,5	20	230	si	si	no	no	si	no	
3+000	11	20	220	si	si	no	no	si	no	
3+020	10,3	20	206	si	no	no	no	no	no	
3+040	10,3	20	206	si	no	no	si	no	no	
3+060	7,4	20	148	si	no	no	si	no	no	
3+080	7,9	20	158	si	no	no	si	no	no	
3+100	8,5	20	170	si	no	no	no	no	no	
3+120	7,9	20	158	si	no	no	no	no	no	
3+140	7,9	20	158	si	no	no	no	no	no	
3+160	7,3	20	146	si	no	no	no	no	no	
3+180	6,6	20	132	si	no	no	no	no	no	
3+200	8,9	20	178	si	no	no	no	no	no	
3+220	8,9	20	178	si	no	no	si	no	si	
3+240	6,9	20	138	si	no	no	si	no	si	
3+260	7,5	20	150	si	no	no	no	no	si	
3+280	8	20	160	si	no	no	no	no	si	
3+300	6,8	20	136	si	no	no	no	no	si	Alcantarilla hormigón rect. 2x1
3+320	8,7	20	174	si	no	no	si	no	si	
3+340	8,7	20	174	si	no	no	si	no	si	
3+360	7	20	140	si	no	no	si	no	si	
3+380	9	20	180	si	no	no	no	no	si	
3+400	7	20	140	si	no	no	no	no	si	
3+420	7	20	140	si	no	no	no	no	si	
3+440	6	20	120	si	no	no	no	no	si	
3+460	6,5	20	130	si	no	no	si	no	si	
3+480	8	20	160	si	no	no	no	no	si	
3+500	8	20	160	no	no	no	no	no	si	



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL										
INVENTARIO VIA IZAMBA - PÍLLARO (TRAMO YACUPAMBA - INGRESO PÍLLARO)										
ABSCISA	ANCHO CALZADA (m)	DISTANCIA (m)	ÁREA ASFALTO (m2)	CUNETAS HORMIGÓN		MUROS		GUARDAV. METAL		OBSERVACIONES
				I	D	I	D	I	D	
3+520	6,2	20	124	no	no	no	no	no	si	
3+540	6,2	20	124	no	no	no	no	no	si	Alcantarilla hormigón rect. 1x1
3+560	5,6	20	112	no	no	no	no	no	si	
3+580	7,7	20	154	no	no	no	no	no	si	
3+600	8,6	20	172	no	no	no	no	no	si	
3+620	8,4	20	168	no	no	no	no	no	si	
3+640	8,4	20	168	no	no	no	no	no	si	
3+660	7,6	20	152	no	no	no	no	no	si	
3+680	6,8	20	136	no	no	no	no	no	si	
3+700	7,5	20	150	no	no	no	si	no	si	
3+720	7,5	20	150	no	no	no	no	no	si	
3+740	7,5	20	150	no	no	no	no	no	si	
3+760	6,5	20	130	no	no	si	no	no	si	
3+780	7,1	20	142	no	no	si	no	no	no	
3+800	8,2	20	164	no	si	si	no	no	no	
3+820	8	20	160	no	si	no	no	no	no	
3+840	8	20	160	no	si	no	no	no	no	
3+860	8	20	160	no	si	no	no	no	no	
3+880	7,4	20	148	no	si	no	no	no	no	
3+900	7,6	20	152	no	si	no	no	no	no	
3+920	7,6	20	152	no	si	no	no	no	no	
3+940	7,6	20	152	no	si	no	no	no	no	
3+960	7,6	20	152	no	si	no	no	no	no	Alcantarilla circular metálica
3+980	7,6	20	152	si	si	no	no	si	no	
4+000	8,2	20	164	si	si	no	no	si	no	
4+020	8	20	160	si	si	no	no	si	no	
4+040	8	20	160	si	si	no	no	si	no	
4+060	7,3	20	146	si	si	no	no	si	no	
4+080	12	20	240	si	si	no	no	si	no	
4+100	9,1	20	182	si	si	no	no	no	no	
4+120	8,2	20	164	si	si	no	no	no	no	
4+140	9,3	20	186	si	si	no	no	no	no	
4+160	9,3	20	186	si	si	no	no	no	no	
4+180	10,6	20	212	si	si	no	no	no	no	
4+200	10,6	20	212	si	si	no	no	no	no	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL										
INVENTARIO VIA IZAMBA - PÍLLARO (TRAMO YACUPAMBA - INGRESO PÍLLARO)										
ABSCISA	ANCHO CALZADA	DISTANCIA (m)	ÁREA ASFALTO (m2)	CUNETAS HORMIGÓN		MUROS		GUARDAV. METAL		OBSERVACIONES
	(m)			I	D	I	D	I	D	
4+220	8,2	20	164	si	si	no	no	no	no	
4+240	8,2	20	164	si	si	no	no	no	no	Alcantarilla circular metálica
4+260	8,2	20	164	si	si	no	no	no	no	
4+280	8,2	20	164	no	si	no	no	no	no	
4+300	8,2	20	164	no	si	no	no	no	no	
4+320	8,2	20	164	no	si	no	no	no	no	
4+340	8,2	20	164	si	si	no	no	no	no	
4+360	8,2	20	164	si	si	no	no	no	no	
4+380	8,2	20	164	si	si	no	no	no	no	
4+400	8,2	20	164	si	si	no	no	no	no	
4+420	8,2	20	164	si	si	no	no	no	no	
4+440	8,2	20	164	si	si	no	si	no	no	
4+460	8,2	20	164	si	si	no	si	no	no	
4+480	8,2	20	164	si	si	no	si	no	no	
4+500	8,2	20	164	si	si	no	si	no	no	
4+520	8,2	20	164	si	si	no	si	no	no	
4+540	8,2	20	164	si	si	no	si	no	no	
4+560	8,2	20	164	si	si	no	no	si	si	
4+580	8,8	20	176	si	si	no	no	si	si	
4+600	7,3	20	146	no	no	no	no	no	no	Inicio puente horm. rio Culapachan
4+620	7,3	20	146	no	no	no	no	no	no	ancho= 69 m, veredas = 50 cm,
4+640	7,3	20	146	no	no	no	no	no	no	pasamanos hormigón
4+660	7,3	20	146	no	no	no	no	no	no	
4+669	7,3	9	65,7	no	no	no	no	no	no	Inicio puente horm. rio Culapachan
4+680	7,6	20	152	si	si	no	no	si	no	
4+700	7,6	20	152	si	si	si	si	si	no	
4+720	7,6	20	152	si	si	si	no	si	no	
4+740	7,6	20	152	si	si	si	no	si	no	
4+760	7,6	20	152	si	si	si	no	si	no	
4+780	7,6	20	152	si	si	si	no	si	no	
4+800	7,6	20	152	no	si	si	no	si	no	
4+820	7,6	20	152	no	si	no	no	si	no	
4+840	7,6	20	152	no	si	no	no	si	no	
4+860	7,6	20	152	no	si	no	no	si	no	
4+880	7,6	20	152	no	si	no	no	si	no	
4+900	7,6	20	152	no	si	no	no	si	no	Alcantarilla hormigón rect. 1x1

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL										
INVENTARIO VÍA IZAMBA - PILLARO (TRAMO YACUPAMBA - INGRESO PÍLLARO)										
ABSCISA	ANCHO CALZADA (m)	DISTANCIA (m)	ÁREA ASFALTO (m2)	CUNETAS HORMIGÓN		MUROS		GUARDAV. METAL		OBSERVACIONES
				I	D	I	D	I	D	
4+920	7,5	20	150	no	si	no	no	si	no	
4+940	7,5	20	150	no	si	no	no	si	no	
4+960	7,5	20	150	no	si	no	no	si	no	
4+980	7,5	20	150	no	si	no	no	si	no	
5+000	7,5	20	150	no	si	no	no	si	no	
5+020	7,5	20	150	no	si	no	no	si	no	
5+040	7,5	20	150	no	si	no	no	si	no	
5+060	7,5	20	150	no	si	no	no	si	no	
5+080	7,5	20	150	no	si	no	no	si	no	
5+100	7,5	20	150	no	si	no	no	si	no	
5+120	7,2	20	144	no	si	no	no	si	no	
5+140	7,2	20	144	no	si	no	no	si	no	
5+160	7,2	20	144	no	si	no	no	si	no	
5+180	7,2	20	144	no	si	no	no	si	no	
5+200	7,2	20	144	no	si	no	no	si	no	
5+220	7,2	20	144	no	si	si	no	si	no	
5+240	7,2	20	144	no	si	si	no	si	no	
5+260	7,2	20	144	no	si	no	no	si	no	
5+280	7,2	20	144	no	si	no	no	si	no	
5+300	7,2	20	144	no	si	no	no	si	no	
5+320	7,2	20	144	no	si	no	no	si	no	
5+340	7,2	20	144	no	si	no	no	si	no	Alcantarilla circular metálica
5+360	7,2	20	144	no	si	no	no	si	no	
5+380	7,2	20	144	no	si	no	no	si	no	
5+400	7,1	20	142	no	si	no	no	si	no	
5+420	7,1	20	142	no	si	no	no	si	no	
5+440	7,1	20	142	no	si	no	no	si	no	
5+460	7,1	20	142	no	si	no	no	si	no	
5+480	7,9	20	158	no	si	no	no	si	no	
5+500	7,9	20	158	no	si	no	no	si	no	
5+520	7,3	20	146	no	si	no	no	si	no	
5+540	7,3	20	146	no	si	si	no	si	no	
5+560	7,3	20	146	no	si	no	no	si	no	
5+580	7,3	20	146	no	si	si	no	si	no	
5+600	7,3	20	146	no	si	si	no	si	no	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL										
INVENTARIO VIA IZAMBA - PÍLLARO (TRAMO YACUPAMBA - INGRESO PÍLLARO)										
ABSCISA	ANCHO CALZADA (m)	DISTANCIA (m)	ÁREA ASFALTO (m2)	CUNETAS HORMIGÓN		MUROS		GUARDAV. METAL		OBSERVACIONES
				I	D	I	D	I	D	
5+620	7,3	20	146	no	si	si	no	si	no	
5+640	7,3	20	146	no	si	si	no	si	no	
5+660	7,3	20	146	no	si	si	no	si	no	
5+680	7,3	20	146	no	si	si	no	si	no	
5+700	8,1	20	162	no	si	si	no	si	no	
5+720	8,1	20	162	no	si	si	no	si	no	
5+740	8,1	20	162	no	si	si	no	si	no	
5+760	8,1	20	162	no	si	no	no	si	no	
5+780	8,1	20	162	no	si	no	no	si	no	
5+800	8,1	20	162	no	si	no	no	si	no	
5+820	8,1	20	162	no	si	no	no	si	no	
5+840	8,1	20	162	no	si	no	no	si	no	
5+860	8,1	20	162	no	si	no	no	si	no	
5+880	8,1	20	162	no	si	no	no	si	no	
5+900	8,1	20	162	no	si	no	no	si	no	
5+920	8,1	20	162	no	si	no	no	si	no	
5+940	8,7	20	174	no	si	no	no	si	no	
5+960	8,7	20	174	no	si	no	no	si	no	
5+980	8,7	20	174	no	si	no	no	si	no	Alcantarilla hormigón rect. 1x1
6+000	8,7	20	174	no	si	no	no	si	no	
6+020	8,5	20	170	no	si	no	no	si	no	
6+040	8,5	20	170	no	si	no	no	si	no	
6+060	8,1	20	162	no	si	no	no	si	no	
6+080	7,9	20	158	no	si	no	no	si	no	
6+100	7,9	20	158	no	si	si	no	si	no	
6+120	7,9	20	158	no	si	si	no	si	no	
6+140	7,9	20	158	no	si	si	no	si	no	
6+160	7,9	20	158	no	si	si	no	si	no	Gruta virgen
6+180	7,9	20	158	no	si	si	no	si	no	
6+200	7,9	20	158	no	si	si	no	si	no	
6+220	7,9	20	158	no	si	si	no	si	no	
6+240	7,9	20	158	no	si	si	no	si	no	
6+260	7,9	20	158	no	si	si	no	si	no	
6+280	7,9	20	158	no	si	si	no	si	no	
6+300	7,9	20	158	no	si	si	no	si	no	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL										
INVENTARIO VIA IZAMBA - PÍLLARO (TRAMO YACUPAMBA - INGRESO PÍLLARO)										
ABSCISA	ANCHO CALZADA (m)	DISTANCIA (m)	ÁREA ASFALTO (m2)	CUNETAS HORMIGÓN		MUROS		GUARDAV. METAL		OBSERVACIONES
				I	D	I	D	I	D	
6+320	7,9	20	158	no	si	si	no	si	no	
6+340	7,9	20	158	no	si	no	no	si	no	
6+360	7,9	20	158	no	si	no	no	si	no	
6+380	7,9	20	158	no	si	no	no	si	no	
6+400	7,9	20	158	no	si	no	no	si	no	
6+420	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+440	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+460	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+480	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+500	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+520	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+540	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+560	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+580	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+600	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+620	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+640	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+660	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+680	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+700	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+720	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+740	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+760	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+780	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	Alcantarilla hormigón tipo cajón
6+800	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+820	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+840	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+860	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+880	8,6	20	172	no	si	no	no	si	no	
6+900	7,8	20	156	no	si	no	no	si	no	
6+920	7,8	20	156	no	si	no	no	si	no	
6+940	7,8	20	156	no	si	no	no	si	no	
6+960	7,8	20	156	no	si	no	no	si	no	
6+980	7,8	20	156	no	si	no	no	si	no	
7+000	7,8	20	156	no	si	no	no	si	no	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL										
INVENTARIO VIA IZAMBA - PÍLLARO (TRAMO YACUPAMBA - INGRESO PÍLLARO)										
ABSCISA	ANCHO CALZADA (m)	DISTANCIA (m)	ÁREA ASFALTO (m2)	CUNETAS HORMIGÓN		MUROS		GUARDAV. METAL		OBSERVACIONES
				I	D	I	D	I	D	
7+020	7,8	20	156	no	si	no	no	si	no	
7+040	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	
7+060	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	
7+080	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	
7+100	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	
7+120	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	Cruce vía ingreso a Penileo
7+140	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	
7+160	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	
7+180	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	
7+200	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	
7+220	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	
7+240	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	Alcantarilla hormigón rect. 1x1
7+260	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	
7+280	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	
7+300	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	Alcantarilla hormig. rect. 2.5x2.5
7+320	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	
7+340	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	
7+360	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	Alcantarilla hormigón rect. 1x1
7+380	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	
7+400	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	
7+420	7,8	20	156	si	si	no	no	no	no	
7+440	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	Alcantarilla hormigón rect. 1x1
7+460	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	
7+480	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	
7+500	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	
7+520	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	
7+540	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	
7+560	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	
7+580	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	
7+600	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	
7+620	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	
7+640	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	Alcantarilla hormigón rect. 1x1
7+660	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	
7+680	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	
7+700	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL										
INVENTARIO VIA IZAMBA - PÍLLARO (TRAMO YACUPAMBA - INGRESO PÍLLARO)										
ABSCISA	ANCHO CALZADA (m)	DISTANCIA (m)	AREA ASFALTO (m2)	CUNETAS HORMIGON		MUROS		GUARDAV. METAL		OBSERVACIONES
				I	D	I	D	I	D	
7+720	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	
7+740	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	
7+760	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	
7+780	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	
7+800	8,1	20	162	si	si	no	no	no	no	
7+820	8,2	20	164	si	si	no	no	no	no	
7+840	8,2	20	164	si	si	no	no	no	no	
7+860	7,7	20	154	si	si	no	no	no	no	
7+880	8,3	20	166	si	si	no	no	no	no	
7+900	8,37	20	167,4	si	si	no	no	no	no	
7+920	8,37	20	167,4	si	si	no	no	no	no	
7+940	8,37	20	167,4	si	si	no	no	no	no	
7+960	8,4	20	168	si	si	no	no	no	no	
7+980	8,4	20	168	si	si	no	no	no	no	
8+000	8,4	20	168	si	si	no	no	no	no	
8+020	8,8	20	176	si	si	no	no	no	no	
8+040	8,8	20	176	si	si	no	no	no	no	
8+060	8,8	20	176	si	si	no	no	no	no	
8+080	8,8	20	176	si	si	no	no	no	no	
8+100	8,8	20	176	si	si	no	no	no	no	
8+120	8,8	20	176	si	si	no	no	no	no	
8+140	8,8	20	176	si	si	no	no	no	no	
8+160	8,8	20	176	si	si	no	no	no	no	
8+180	8,8	20	176	si	si	no	no	no	no	
8+200	8,8	20	176	si	si	no	no	no	no	
8+220	8,8	20	176	si	si	no	no	no	no	
8+240	8,8	20	176	si	si	no	no	no	no	
8+260	8,8	20	176	si	si	no	no	no	no	
8+280	8,5	20	170	si	si	no	no	no	no	
8+300	8,5	20	170	si	si	no	no	no	no	
8+320	8,5	20	170	si	si	no	no	no	no	
8+340	8,5	20	170	si	si	no	no	no	no	
8+360	8,5	20	170	si	si	no	no	no	no	
8+380	8,5	20	170	si	si	no	no	no	no	
8+400	8,5	20	170	si	si	no	no	no	no	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL										
INVENTARIO VIA IZAMBA - PÍLLARO (TRAMO YACUPAMBA - INGRESO PÍLLARO)										
ABSCISA	ANCHO CALZADA (m)	DISTANCIA (m)	ÁREA ASFALTO	CUNETAS HORMIGÓN		MUROS		GUARDAV. METAL		OBSERVACIONES
			(m2)	I	D	I	D	I	D	
8+420	9,2	20	184	si	si	no	no	no	no	
8+440	9,2	20	184	si	si	no	no	no	no	
8+460	9,2	20	184	si	si	no	no	no	no	
8+480	9,2	20	184	si	si	no	no	no	no	
8+500	9,2	20	184	si	si	no	no	no	no	
8+520	9,4	20	188	si	si	no	no	no	no	
8+540	9,4	20	188	si	si	no	no	no	no	
8+560	9,4	20	188	si	si	no	no	no	no	
8+580	10,4	20	208	si	si	no	no	no	no	Ingreso a Píllaro, redondel
TOTAL AREA ASFALTO (m2)			75.084,90							



## Anexo No. 2. Evaluación del pavimento

METODO PCI							
HOJA DE REGISTRO INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS							
NOMBRE DE LA VIA:		Izamba - Pillaro ( Tramo Yacupamba - Ingreso a Pillaro)					
FECHA:		Junio del 2015					
REALIZADO POR:		Alvarado - Freile					
UNIDAD DE MUESTRA:		Abscisa 1+000 - 2+ 000				Área de muestra: 10722	
TIPO DE FALLAS							
1.- Grieta piel de cocodrilo	m2	11.- Baches y zanjas separadas	m2				
2.- Exudación de asfalto	m2	12.- Agregados pulidos	m2				
3.- Grietas concentración (bloque)	m2	13.- Huecos (baches)	No.				
4.- Elevaciones - hundimientos	m	14.- Acceso a puentes	m2				
5.- Corrimientos	m2	15.- Ahuellamientos	m2				
6.- Depresiones	m2	16.- Deformación por empuje	m2				
7.- Grietas de borde	m	17.- Grietas de deslizamiento	m2				
8.- Grietas de reflexión de juntas	m	18.- Hinchamiento	m2				
9.- Desnivel de calzada	m	19.-Disgregacion y desintegrac.	m2				
10.- Grietas longitud. y transvers.	m						
TIPOS DE FALLA EXISTENTES							
		<b>1</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	
		4 L	9 L	6 L	6 L	1 L	
		8 L	12 L	1 L	4 L	1 M	
		2 L	6 L	18 M	9 L	2 L	
		1 M		13 L			
		24 L		4 L			
		6 M		14 L			
				22 L			
				5 M			
TOTAL	BAJA (L)	38,0	27,0	60,0	19,0	3,0	
	MEDIA (M)	7,0		23,0		1,0	
	ALTA (H)						
CALCULO DEL PCI							
Unidad de Muestra: Abscisa 1+000 - 2+000							
TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION		RESULTADOS		
1	38,0	L	0,35	7,00	PCI = 100 - VDC  PCI = 100 - 16 PCI = 84  CONDICION DEL PAVIMENTO "MUY BUENO"		
1	7,0	M	0,07	0,00			
3	27,0	L	0,25	0,00			
10	60,0	L	0,56	2,00			
10	23,0	M	0,21	0,00			
11	19,0	L	0,18	0,00			
13	3,0	L	0,03	0,00			
13	1,0	M	0,01	31,00			
VALOR TOTAL DE DEDUCCION (VDT)			40,00				
VALOR DE DEDUCCION CORREGIDO (VDC)			16				

METODO PCI								
HOJA DE REGISTRO INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS								
NOMBRE DE LA VIA:		Izamba - Píllaro ( Tramo Yacupamba - Ingreso a Píllaro)						
FECHA:		Junio del 2015						
REALIZADO POR:		Alvarado - Freile						
UNIDAD DE MUESTRA:		Abscisa 2+000 - 3+ 000				Área de muestra: 10844		
TIPO DE FALLAS								
1.- Grieta piel de cocodrilo		m2		11.- Baches y zanjas separadas		m2		
2.- Exudación de asfalto		m2		12.- Agregados pulidos		m2		
3.- Grietas concentración (bloque)		m2		13.- Huecos (baches)		No.		
4.- Elevaciones - hundimientos		m		14.- Acceso a puentes		m2		
5.- Corrimientos		m2		15.- Ahuellamientos		m2		
6.- Depresiones		m2		16.- Deformación por empuje		m2		
7.- Grietas de borde		m		17.- Grietas de deslizamiento		m2		
8.- Grietas de reflexión de juntas		m		18.- Hinchamiento		m2		
9.- Desnivel de calzada		m		19.-Disgregacion y desintegrac.		m2		
10.- Grietas longitud. y transvers.		m						
		TIPOS DE FALLA EXISTENTES						
		1	3	10	11	13		
		6,0 L	9,0 L	3,0 L	4,0 L	1,0 L		
		4,0 L	14,0 L	8,0 L	2,0 L	2,0 L		
		1,0 M	6,0 L	14,0 L	6,0 L			
				2,0 L				
				12,0 L				
				5,0 L				
				3,0 M				
				7,0 L				
TOTAL	BAJA (L)	10,0	19,0	51,0	12,0	3,0		
	MEDIA (M)	1,0		3,0				
	ALTA (H)							
CALCULO DEL PCI								
Unidad de Muestra: Abscisa 2+000 - 3+000								
TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION		RESULTADOS  PCI = 100 - VDC  PCI = 100 - 5 PCI = 95  CONDICION DEL PAVIMENTO "EXCELENTE"			
1	10,0	L	0,09	5,00				
1	1,0	M	0,01	0,00				
3	19,0	L	0,18	0,00				
10	51,0	L	0,47	0,00				
10	3,0	M	0,03	0,00				
11	12,0	L	0,11	0,00				
13	3,0	L	0,03	0,00				
VALOR TOTAL DE DEDUCCION (VDT)				5,00				
VALOR DE DEDUCCION CORREGIDO (VDC)				5				

METODO PCI							
HOJA DE REGISTRO INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS							
NOMBRE DE LA VIA:		Izamba - Píllaro ( Tramo Yacupamba - Ingreso a Píllaro)					
FECHA:		Junio del 2015					
REALIZADO POR:		Alvarado - Freile					
UNIDAD DE MUESTRA:		Abscisa 3+000 - 4+ 000				Área de muestra: 7941	
TIPO DE FALLAS							
1.- Grieta piel de cocodrilo		m2		11.- Baches y zanjas separadas		m2	
2.- Exudación de asfalto		m2		12.- Agregados pulidos		m2	
3.- Grietas concentración (bloque)		m2		13.- Huecos (baches)		No.	
4.- Elevaciones - hundimientos		m		14.- Acceso a puentes		m2	
5.- Corrimientos		m2		15.- Ahuellamientos		m2	
6.- Depresiones		m2		16.- Deformación por empuje		m2	
7.- Grietas de borde		m		17.- Grietas de deslizamiento		m2	
8.- Grietas de reflexión de juntas		m		18.- Hinchamiento		m2	
9.- Desnivel de calzada		m		19.-Disgregacion y desintegrac.		m2	
10.- Grietas longitud. y transvers.		m					
TIPOS DE FALLA EXISTENTES							
		1	3	7	10	11	13
		6,0 L	6,0 L	2,0 L	4,0 L	2,0 L	1,0 M
		2,0 L	2,0 M	1,0 L	3.5 L	6,0 L	
			8,0 L		2,0 L		
			4,0 L		11,0 L		
					10.2 L		
					7,0 L		
					17,0 L		
					3.4 M		
TOTAL	BAJA (L)	8,0	18,0	3,0	54,7	8,0	1,0
	MEDIA (M)		2,0		3,4		
	ALTA (H)						
CALCULO DEL PCI							
Unidad de Muestra: Abscisa 3+000 - 4+000							
TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION		RESULTADOS		
1	8,0	L	0,10	5,00	PCI = 100 - VDC  PCI = 100 - 5 PCI = 95  CONDICION DEL PAVIMENTO "EXCELENTE"		
3	18,0	L	0,23	0,00			
3	2,0	M	0,03	0,00			
7	3,0	L	0,04	0,00			
10	54,7	L	0,69	0,00			
10	3,4	M	0,04	0,00			
11	8,0	L	0,10	0,00			
13	1,0	L	0,01	0,00			
VALOR TOTAL DE DEDUCCION (VDT)				5,00			
VALOR DE DEDUCCION CORREGIDO (VDC)				5			

METODO PCI							
HOJA DE REGISTRO INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS							
NOMBRE DE LA VIA:		Izamba - Píllaro ( Tramo Yacupamba - Ingreso a Píllaro)					
FECHA:		Junio del 2015					
REALIZADO POR:		Alvarado - Freile					
UNIDAD DE MUESTRA:		Abscisa 4+000 - 5+ 000				Área de muestra: 8217	
TIPO DE FALLAS							
1.- Grieta piel de cocodrilo		m2		11.- Baches y zanjas separadas		m2	
2.- Exudación de asfalto		m2		12.- Agregados pulidos		m2	
3.- Grietas concentración (bloque)		m2		13.- Huecos (baches)		No.	
4.- Elevaciones - hundimientos		m		14.- Acceso a puentes		m2	
5.- Corrimientos		m2		15.- Ahuellamientos		m2	
6.- Depresiones		m2		16.- Deformación por empuje		m2	
7.- Grietas de borde		m		17.- Grietas de deslizamiento		m2	
8.- Grietas de reflexión de juntas		m		18.- Hinchamiento		m2	
9.- Desnivel de calzada		m		19.-Disgregacion y desintegrac.		m2	
10.- Grietas longitud. y transvers.		m					
TIPOS DE FALLA EXISTENTES							
		3	10	11	12		
		7,2 L	6,0 L	2,0 L	32,0 L		
		16,8 L	4,4 L				
			3,0 L				
			12,9 L				
			7,0 L				
			5,0 L				
			5,6 L				
			2,1 M				
TOTAL	BAJA (L)	24,00	43,9	2,0	32,0		
	MEDIA (M)		2,1				
	ALTA (H)						
CALCULO DEL PCI							
Unidad de Muestra: Abscisa 4+000 - 5+000							
TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION		RESULTADOS		
3	24,0	L	0,29	0,00	PCI = 100 - VDC  PCI = 100 - 10 PCI = 90		
10	43,9	L	0,53	0,00			
10	2,1	M	0,03	0,00			
11	2,0	L	0,02	0,00			
12	32,0	L	0,39	10,00			
					CONDICION DEL PAVIMENTO "EXCELENTE"		
VALOR TOTAL DE DEDUCCION (VDT)				10,00			
VALOR DE DEDUCCION CORREGIDO (VDC)				10			

METODO PCI							
HOJA DE REGISTRO INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS							
NOMBRE DE LA VIA:		Izamba - Píllaro ( Tramo Yacupamba - Ingreso a Píllaro)					
FECHA:		Junio del 2015					
REALIZADO POR:		Alvarado - Freile					
UNIDAD DE MUESTRA:		Abscisa 5+000 - 6+ 000				Área de muestra: 7592	
TIPO DE FALLAS							
1.- Grieta piel de cocodrilo		m2		11.- Baches y zanjas separadas		m2	
2.- Exudación de asfalto		m2		12.- Agregados pulidos		m2	
3.- Grietas concentración (bloque)		m2		13.- Huecos (baches)		No.	
4.- Elevaciones - hundimientos		m		14.- Acceso a puentes		m2	
5.- Corrimientos		m2		15.- Ahuellamientos		m2	
6.- Depresiones		m2		16.- Deformación por empuje		m2	
7.- Grietas de borde		m		17.- Grietas de deslizamiento		m2	
8.- Grietas de reflexión de juntas		m		18.- Hinchamiento		m2	
9.- Desnivel de calzada		m		19.-Disgregacion y desintegrac.		m2	
10.- Grietas longitud. y transvers.		m					
TIPOS DE FALLA EXISTENTES							
		<b>3</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>13</b>		
		4,6 L	2,5 L	4,2 L	1,0 L		
		2,2 L	3,2 L	6,0 L	1,0 L		
		6,0 L	4,8 L	2,4 L	1,0 L		
		18,4 L	12,8 L				
			3,3 L				
			2,0 L				
			6,2 L				
TOTAL	BAJA (L)	31,2	34,8	12,6	3,0		
	MEDIA (M)						
	ALTA (H)						
CALCULO DEL PCI							
Unidad de Muestra: Abscisa 5+000 - 6+000							
TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION		RESULTADOS		
3	31,2	L	0,41	0,00	PCI = 100 - VDC  PCI = 100 - 0 PCI = 100		
10	34,8	L	0,46	0,00			
11	12,6	L	0,17	0,00			
13	3,00	L	0,04	0,00			
					CONDICION DEL PAVIMENTO "EXCELENTE"		
VALOR TOTAL DE DEDUCCION (VDT)				0,00			
VALOR DE DEDUCCION CORREGIDO (VDC)				0			

METODO PCI							
HOJA DE REGISTRO INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS							
NOMBRE DE LA VIA:		Izamba - Píllaro ( Tramo Yacupamba - Ingreso a Píllaro)					
FECHA:		Junio del 2015					
REALIZADO POR:		Alvarado - Freile					
UNIDAD DE MUESTRA:		Abscisa 6+000 -7+ 000				Área de muestra: 8261	
TIPO DE FALLAS							
1.- Grieta piel de cocodrilo		m2		11.- Baches y zanjas separadas		m2	
2.- Exudación de asfalto		m2		12.- Agregados pulidos		m2	
3.- Grietas concentración (bloque)		m2		13.- Huecos (baches)		No.	
4.- Elevaciones - hundimientos		m		14.- Acceso a puentes		m2	
5.- Corrimientos		m2		15.- Ahuellamientos		m2	
6.- Depresiones		m2		16.- Deformación por empuje		m2	
7.- Grietas de borde		m		17.- Grietas de deslizamiento		m2	
8.- Grietas de reflexion de juntas		m		18.- Hinchamiento		m2	
9.- Desnivel de calzada		m		19.-Disgregacion y desintegrac.		m2	
10.- Grietas longitud. y transvers.		m					
TIPOS DE FALLA EXISTENTES							
		3	10	11			
		8,4 L	2,3 L	1,0 L			
		2,4 L	4,9 L	4,5 L			
		6,6 L	12 L	8,4 L			
		4,0 L	7,7 L				
		12,8 L	1,1 L				
		22 L	6,3 L				
			5,4 L				
			1,0 L				
TOTAL	BAJA (L)	56,2	40,3	13,0			
	MEDIA (M)						
	ALTA (H)						
CALCULO DEL PCI							
Unidad de Muestra: Abscisa 6+000 - 7+000							
TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION		RESULTADOS		
3	56,2	L	0,68	0,00	PCI = 100 - VDC  PCI = 100 - 0 PCI = 100		
10	40,3	L	0,49	0,00			
11	13,0	L	0,16	0,00			
					CONDICION DEL PAVIMENTO "EXCELENTE"		
VALOR TOTAL DE DEDUCCION (VDT)				0,00			
VALOR DE DEDUCCION CORREGIDO (VDC)				0			

METODO PCI							
HOJA DE REGISTRO INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS							
NOMBRE DE LA VIA:		Izamba - Píllaro ( Tramo Yacupamba - Ingreso a Píllaro)					
FECHA:		Junio del 2015					
REALIZADO POR:		Alvarado - Freile					
UNIDAD DE MUESTRA:		Abscisa 7+000 -8+ 000				Área de muestra: 8002	
TIPO DE FALLAS							
1.- Grieta piel de cocodrilo	m2	11.- Baches y zanjas separadas	m2				
2.- Exudación de asfalto	m2	12.- Agregados pulidos	m2				
3.- Grietas concentración (bloque)	m2	13.- Huecos (baches)	No.				
4.- Elevaciones - hundimientos	m	14.- Acceso a puentes	m2				
5.- Corrimientos	m2	15.- Ahuellamientos	m2				
6.- Depresiones	m2	16.- Deformación por empuje	m2				
7.- Grietas de borde	m	17.- Grietas de deslizamiento	m2				
8.- Grietas de reflexión de juntas	m	18.- Hinchamiento	m2				
9.- Desnivel de calzada	m	19.-Disgregacion y desintegrac.	m2				
10.- Grietas longitud. y transvers.	m						
TIPOS DE FALLA EXISTENTES							
		1	3	10	11	13	
		6,6 L	12,8 L	2,1 L	2,2 L	2,0 L	
		4,3 L	16,0 L	5,0 L	8,0 L		
		1,0 M	4,4 M	3,0 L	1,6 L		
			9,4 L	7,7 L			
			2,6 L	14,0 L			
			24 L	6,9 L			
				8,2 L			
				32 L			
TOTAL	BAJA (L)	10,9	64,8	78,9	11,8	2,0	
	MEDIA (M)	1,00	4,4				
	ALTA (H)						
CALCULO DEL PCI							
Unidad de Muestra: Abscisa 7+000 - 8+000							
TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION		RESULTADOS		
1	10,90	L	0,14	5,00	PCI = 100 - VDC  PCI = 100 - 7 PCI = 93  CONDICION DEL PAVIMENTO "EXCELENTE"		
1	1,00	M	0,01	0,00			
3	64,80	L	0,81	0,00			
3	4,40	M	0,05	0,00			
10	78,90	L	0,99	2,00			
11	11,80	L	0,15	0,00			
13	2,00	L	0,02	0,00			
VALOR TOTAL DE DEDUCCION (VDT)				7,00			
VALOR DE DEDUCCION CORREGIDO (VDC)				7			

METODO PCI								
HOJA DE REGISTRO INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS								
NOMBRE DE LA VIA:		Izamba - Píllaro ( Tramo Yacupamba - Ingreso a Píllaro)						
FECHA:		Junio del 2015						
REALIZADO POR:		Alvarado - Freile						
UNIDAD DE MUESTRA:		Abscisa 8+000 -8+ 580					Área de muestra: 5158	
TIPO DE FALLAS								
1.- Grieta piel de cocodrilo		m2		11.- Baches y zanjas separadas		m2		
2.- Exudación de asfalto		m2		12.- Agregados pulidos		m2		
3.- Grietas concentración (bloque)		m2		13.- Huecos (baches)		No.		
4.- Elevaciones - hundimientos		m		14.- Acceso a puentes		m2		
5.- Corrimientos		m2		15.- Ahuellamientos		m2		
6.- Depresiones		m2		16.- Deformación por empuje		m2		
7.- Grietas de borde		m		17.- Grietas de deslizamiento		m2		
8.- Grietas de reflexión de juntas		m		18.- Hinchamiento		m2		
9.- Desnivel de calzada		m		19.-Disgregacion y desintegrac.		m2		
10.- Grietas longitud. y transvers.		m						
TIPOS DE FALLA EXISTENTES								
		1	3	10	11	12	13	15
		30 M	16,0 L	6,4 L	3,0 L	48.9 L	1,0 L	12,3 L
		62,4 M	42,0 L	4,7 L	8,8 L		2,0 L	
		48 M	64,0 M	7,7 L				
		56 L	38,0 L	22 L				
		54,8 M	44,0 L	3,6 L				
		72,2 L	18,0 L	2,0 L				
		3,0 H		5,0 L				
		42,0 L		7,9 M				
		12,6 M		5,8 L				
TOTAL	BAJA (L)	170,20	158,00	57,20	11,80	48,90	3,00	12,30
	MEDIA (M)	207,80	64,00	7,90				
	ALTA (H)	3,00						
CALCULO DEL PCI								
Unidad de Muestra: Abscisa 8+000 - 8+580								
TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION		RESULTADOS			
1	170,20	L	3,30	23,00	PCI = 100 - VDC  PCI = 100 - 34 PCI = 66  CONDICION DEL PAVIMENTO "BUENO"			
1	207,80	M	4,03	38,00				
1	3,00	H	0,06	0,00				
3	158,00	L	3,06	4,00				
3	64,00	M	1,24	3,00				
10	57,20	L	1,11	2,00				
10	7,90	M	0,15	0,00				
11	11,80	L	0,23	0,00				
12	48,90	L	0,95	0,00				
13	3,00	L	0,06	0,00				
15	12,30	L	0,24	3,00				
VALOR TOTAL DE DEDUCCION (VDT)			73,00					
VALOR DE DEDUCCION CORREGIDO (VDC)			34					



### Anexo No. 3. Conteo manual de tráfico

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR					
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL					
CONTEO MANUAL DE TRAFICO VIA IZAMBA - PILLARO					
Dirección : Dos sentidos			Día: Lunes		
HORA	VEHICULOS LIVIANOS	BUSES	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	TOTAL
0H00 - 1H00	5	0	2	0	7
1H00 - 2H00	4	0	1	0	5
2H00 - 3H00	6	0	1	0	7
3H00 - 4H00	8	1	2	0	11
4H00 - 5H00	15	3	5	0	23
5H00 - 6H00	33	5	8	1	47
6H00 - 7H00	42	6	10	1	59
7H00 - 8H00	55	11	9	0	75
8H00 - 9H00	47	10	9	2	68
9H00 - 10H00	38	8	7	0	53
10H00 - 11H00	42	8	9	1	60
12H00 - 13H00	39	9	6	0	54
13H00 - 14H00	35	9	7	1	52
15H00 - 16H00	26	8	5	3	42
16H00 - 17H00	49	12	9	2	72
17H00 - 18H00	41	13	8	3	65
18H00 - 19H00	31	7	4	0	42
19H00 - 20H00	27	6	5	0	38
21H00 - 22H00	19	2	3	1	25
22H00 - 23H00	15	2	2	0	19
23H00 - 24H00	7	1	1	0	9
TOTAL	584	121	113	15	833

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR					
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL					
CONTEO MANUAL DE TRAFICO VIA IZAMBA - PILLARO					
Dirección : Dos sentidos			Día: Jueves		
HORA	VEHICULOS LIVIANOS	BUS	CAMIONES LIVIANO	CAMIONES PESADOS	TOTAL
0H00 - 1H00	5	0	1	0	6
1H00 - 2H00	4	0	0	0	4
2H00 - 3H00	6	0	1	0	7
3H00 - 4H00	8	0	2	0	10
4H00 - 5H00	15	2	3	0	20
5H00 - 6H00	33	4	8	2	47
6H00 - 7H00	42	6	7	1	56
7H00 - 8H00	55	9	9	0	73
8H00 - 9H00	32	8	9	1	50
9H00 - 10H00	26	8	7	0	41
10H00 - 11H00	35	7	8	0	50
12H00 - 13H00	30	9	5	0	44
13H00 - 14H00	35	9	3	1	48
15H00 - 16H00	26	8	5	1	40
16H00 - 17H00	40	10	7	2	59
17H00 - 18H00	38	11	8	1	58
18H00 - 19H00	26	7	4	0	37
19H00 - 20H00	27	6	5	0	38
21H00 - 22H00	14	2	3	1	20
22H00 - 23H00	11	2	2	0	15
23H00 - 24H00	3	1	0	0	4
TOTAL	511	109	97	10	727

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR					
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL					
CONTEO MANUAL DE TRAFICO VIA IZAMBA - PILLARO					
Dirección : Dos sentidos			Día: Domingo		
HORA	VEHICULOS LIVIANOS	BUSES	CAMIONES LIVIANO	CAMIONES PESADO	TOTAL
0H00 - 1H00	5	0	2	0	7
1H00 - 2H00	4	0	1	0	5
2H00 - 3H00	6	0	1	0	7
3H00 - 4H00	8	1	2	0	11
4H00 - 5H00	15	3	6	0	24
5H00 - 6H00	42	8	8	1	59
6H00 - 7H00	56	9	10	1	76
7H00 - 8H00	55	11	14	1	81
8H00 - 9H00	47	10	9	2	68
9H00 - 10H00	41	8	7	3	59
10H00 - 11H00	42	8	9	1	60
12H00 - 13H00	39	9	6	0	54
13H00 - 14H00	35	9	8	1	53
15H00 - 16H00	29	11	7	3	50
16H00 - 17H00	53	12	12	2	79
17H00 - 18H00	41	13	8	1	63
18H00 - 19H00	31	7	4	1	43
19H00 - 20H00	27	6	5	0	38
21H00 - 22H00	19	3	3	1	26
22H00 - 23H00	15	2	2	0	19
23H00 - 24H00	7	0	1	0	8
TOTAL	617	130	125	18	890

#### Anexo No. 4. Análisis de precios unitarios

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: 2			Unidad: m3		
DETALLE: Fresado incluye desalojo de material					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	(A)	(B)	C=A*B	R	D=C*R
HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	1,00				0,09
FRESADORA	1,00	88,00	88,00	0,0500	4,40
TANQUERO DE AGUA	0,10	26,00	2,60	0,0500	0,13
VOLQUETA	3,00	25,00	75	0,05	3,75
SUBTOTAL M					8,37
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD	JORNAL /hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	(A)	(B)	C=A*B	R	D=C*R
OP. FRESADORA PAV. ( EST. OCUP. C1 )	1,00	4,03	4,03	0,0500	0,20
CHOF.TANQUEROS ( EST. OCUP. C1 )	0,10	5,03	0,50	0,0500	0,03
PEON ( EST. OCUP. E2 )	4,00	3,65	14,60	0,0500	0,73
CHOF.VOLQUETAS ( EST. OCUP. C1 )	3,00	5,03	15,09	0,0500	0,75
SUBTOTAL N					1,71
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		(A)	(B)	C=A*B	
AGUA	M3	0,100	1,50	0,15	
SUBTOTAL O					0,15
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		(A)	(B)	C=A*B	
	M3/KM				
SUBTOTAL P					0,00
ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.		TOTAL COSTO DIRECTO X=(M+N+O+P)			10,23
		INDIRECTOS: 0,13 %			1,33
		UTILIDAD: 0,07 %			0,7161
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			12,2761
		VALOR OFERTADO			12,28

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: 3			Unidad: m3		
DETALLE: Bacheo					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	(A)	(B)	C=A*B	R	D=C*R
HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	1,00				0,23
PLANTA ASFALTICA (INC. GEN., TQN. ETC.)	1,00	120,00	120,00	0,0500	6,00
CARGADORA FRONTAL	1,00	30,00	30,00	0,0500	1,50
DISTRIBUIDOR DE ASFALTOS	0,50	40,00	20	0,05	1,00
RODILLO LISO TAMDEM DE 2 E	1,00	25,00	25	0,05	1,25
RODILLO NEUMATICO	1,00	25,00	25	0,05	1,25
ESCOBA AUTOPROPULSADA	1,00	20,00	20	0,05	1,00
VOLQUETA	0,25	25,00	6,25	0,05	0,31
SUBTOTAL M					12,54
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD	JORNAL /hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	(A)	(B)	C=A*B	R	D=C*R
OP. RESP. PTA. ASF.( EST. OCUP. C2 )	1,00	3,86	3,86	0,0500	0,19
OP. CARGADORA FRON.( EST. OCUP. C1 )	1,00	4,03	4,03	0,0500	0,20
OP. DIST. ASF.( EST. OCUP. C2 )	0,50	3,86	1,93	0,0500	0,10
OP. RODILLO ( EST. OCUP. C2 )	2,00	3,86	7,72	0,0500	0,39
OP. BARR. AUTOP.( EST. OCUP. C2 )	1,00	3,86	3,86	0,0500	0,19
OP.EQ. LIVIANO ( EST. OCUP. D2 )	3,00	3,69	11,07	0,0500	0,55
PEON( EST. OCUP. E2 )	16,00	3,65	58,4	0,05	2,92
CHOF.VOLQUETAS ( EST. OCUP. C1 )	0,25	5,03	1,2575	0,05	0,06
SUBTOTAL N					4,60
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		(A)	(B)	C=A*B	
ASFALTO AC20	KG	156,000	0,32	49,92	
ASFALTO RC2	KG	21,000	0,32	6,72	
DIESEL	GLN	10,250	0,94	9,64	
AGREGADOS PARA ASFALTO	M3	0,750	10,00	7,50	
ARENA PARA ASFALTO	M3	0,750	8,00	6,00	
SUBTOTAL O					79,78
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		(A)	(B)	C=A*B	
MEZCLA ASFALTICA	M3/KM	60,00	0,2	12,00	
SUBTOTAL P					12,00
		TOTAL COSTO DIRECTO X=(M+N+O+P)			108,92
ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.		INDIRECTOS: 0,13 %			14,16
		UTILIDAD: 0,07 %			7,6244
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			130,7044
		VALOR OFERTADO			130,7

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: 4			Unidad: m		
DETALLE: Cuneta de hormigón simple f'c=180 kg/cm2					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	(A)	(B)	C=A*B	R	D=C*R
HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	1,00				0,10
CONCRETERA	1,00	3,75	3,75	0,0500	0,19
MINICARGADORA	0,10	15,00	1,50	0,0500	0,08
TANQUERO DE AGUA	0,05	26,00	1,3	0,05	0,07
VOLQUETA	0,05	25,00	1,25	0,05	0,06
SUBTOTAL M					0,50
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD	JORNAL /hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	(A)	(B)	C=A*B	R	D=C*R
MAES. MAYOR. O.C. ( EST. OCUP. C1 )	1,00	4,03	4,03	0,0500	0,20
ALBAÑIL ( EST. OCUP. D2 )	2,00	3,69	7,38	0,0500	0,37
PEON ( EST. OCUP. E2 )	8,00	3,65	29,20	0,0500	1,46
CHOFER TANQUEROS ( EST. OCUP. C1 )	0,05	5,03	0,25	0,0500	0,01
OP. MINIEXC. MINICAR.( EST. OCUP. C2 )	0,10	3,86	0,39	0,0500	0,02
SUBTOTAL N					2,06
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		(A)	(B)	C=A*B	
CEMENTO	KG	30,000	0,16	4,80	
ARENA PARA HORMIGON	M3	0,060	8,00	0,48	
RIPIO PARA HORMIGON	M3	0,090	9,00	0,81	
AGUA	M3	0,020	1,50	0,03	
ENCOFRADO PARA CUNETAS	GLB	1,000	0,50	0,50	
LUBRICANTE	KG	0,050	0,50	0,03	
JUNTAS DE MADERA	U	0,200	1,00	0,20	
SUBTOTAL O					6,85
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		(A)	(B)	C=A*B	
MATERIAL PETREO	M3 /KM	6,00	0,2	1,20	
SUBTOTAL P					1,20
ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.		TOTAL COSTO DIRECTO X=(M+N+O+P)			10,61
		INDIRECTOS: 0,13 %			1,38
		UTILIDAD: 0,07 %			0,7427
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			12,7327
		VALOR OFERTADO			12,73

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: 5			Unidad: m2		
DETALLE: SLURRY (Mortero asfaltico modificado con polimeros)					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	(A)	(B)	C=A*B	R	D=C*R
HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	1,00				0,01
FINISHER SLURRY	1,00	140,00	140	0,0025	0,35
CARGADORA FRONTAL	0,50	30,00	15	0,0025	0,04
DISTRIBUIDOR DE ASFALTOS	0,50	40,00	20	0,0025	0,05
AUTOTANQUE	0,50	16,50	8,25	0,0025	0,02
CAMIONETA ABASTECEDORA	0,50	15,00	7,5	0,0025	0,02
MINICARGADORA	0,50	15,00	7,5	0,0025	0,02
CRIBADORA	0,50	10,05	5,025	0,0025	0,01
ESCOBA AUTOPROPULSADA	0,50	20,00	10	0,0025	0,03
SUBTOTAL M					0,55
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD	JORNAL /hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	(A)	(B)	C=A*B	R	D=C*R
PEON ( EST. OCUP. E2 )	10,00	3,65	36,5	0,0025	0,09
OP. ACB. PAV. ASF. ( EST. OCUP. C2 )	1,00	3,86	3,86	0,0025	0,01
OP. CARGADORA FRON. ( EST. OCUP. C1 )	0,50	4,03	2,015	0,0025	0,01
OP. DIST. ASF. ( EST. OCUP. C2 )	0,50	3,86	1,93	0,0025	0,00
OP. CAMION MEZC. MICROPAV.( EST. OCUP. C1 )	0,50	4,03	2,015	0,0025	0,01
CHOF.CAMIONETA ( EST. OCUP. C1 )	0,50	3,85	1,925	0,0025	0,00
OP. MINIEXC. MINICAR.( EST. OCUP. C2 )	0,50	3,86	1,93	0,0025	0,00
TRITURADORA ( EST. OCUP. C2 )	0,50	3,86	1,93	0,0025	0,00
OP. BARR. AUTOP. ( EST. OCUP. C2 )	0,50	3,86	1,93	0,0025	0,00
MAES. MAYOR. O.C. ( EST. OCUP. C1 )	1,00	4,03	4,03	0,0025	0,01
SUBTOTAL N					0,13
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		(A)	(B)	C=A*B	
AGREGADO TRITURADO GRANULOMETRIA TIPO II	M3	0,013	14,00	0,18	
EMULSION PARA SLURRY SEAL CON POLIMEROS	KG	1,800	0,60	1,08	
ADITIVO CONTROL DE ROTURA	KG	0,010	2,50	0,03	
AGUA	M3	0,002	1,50	0,00	
CEMENTO	KG	0,250	0,16	0,04	
SUBTOTAL O					1,33
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		(A)	(B)	C=A*B	
MATERIAL PETREO	M3/KM	0,230	0,47	0,11	
SUBTOTAL P					0,11
ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.		TOTAL COSTO DIRECTO X=(M+N+O+P)			2,12
		INDIRECTOS: 0,13 %			0,28
		UTILIDAD: 0,07 %			0,1484
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			2,5484
		VALOR OFERTADO			2,55

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: 6			Unidad: km		
DETALLE : Señalización horizontal a=12cm.					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	(A)	(B)	C=A*B	R	D=C*R
HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	1,00				0,23
CAMIONETA ABASTECEDORA	1,00	15,00	15,00	0,2857	4,29
ESCOBA AUTOPROPULSADA	0,02	20,00	0,40	0,2857	0,11
FRANJEADORA	1,00	12,00	12	0,285714286	3,43
SUBTOTAL M					8,06
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD	JORNAL /hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	(A)	(B)	C=A*B	R	D=C*R
PINTOR ( EST. OCUP. D2 )	0,20	3,69	0,74	0,2857	0,21
PEON ( EST. OCUP. E2 )	1,00	3,65	3,65	0,2857	1,04
OP. BARR. AUTOP.( EST. OCUP. C2 )	2,00	3,86	7,72	0,2857	2,21
CHOFER CAMIONETA ( EST. OCUP. C1 )	1,00	3,85	3,85	0,2857	1,10
SUBTOTAL N					4,56
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		(A)	(B)	C=A*B	
PINTURA ACRILICA TRAFICO	GL	12,400	19,00	235,60	
MICROESFERAS DE VIDRIO	KG	32,850	3,20	105,12	
DILUYENTE O TIÑER	GALON	1,060	6,25	6,63	
SUBTOTAL O					347,35
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		(A)	(B)	C=A*B	
	M3 / KM				
SUBTOTAL P					0,00
ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.		TOTAL COSTO DIRECTO X=(M+N+O+P)			359,97
		INDIRECTOS: 0,13 %			46,80
		UTILIDAD: 0,07 %			25,1979
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			431,9679
		VALOR OFERTADO			431,97



**Anexo No. 5. Ábacos para determinar el valor de deducción (VDT) y el valor de Deducción corregida (VDC)**

Gráfico de valor de deducción Falla 1: Piel de cocodrilo

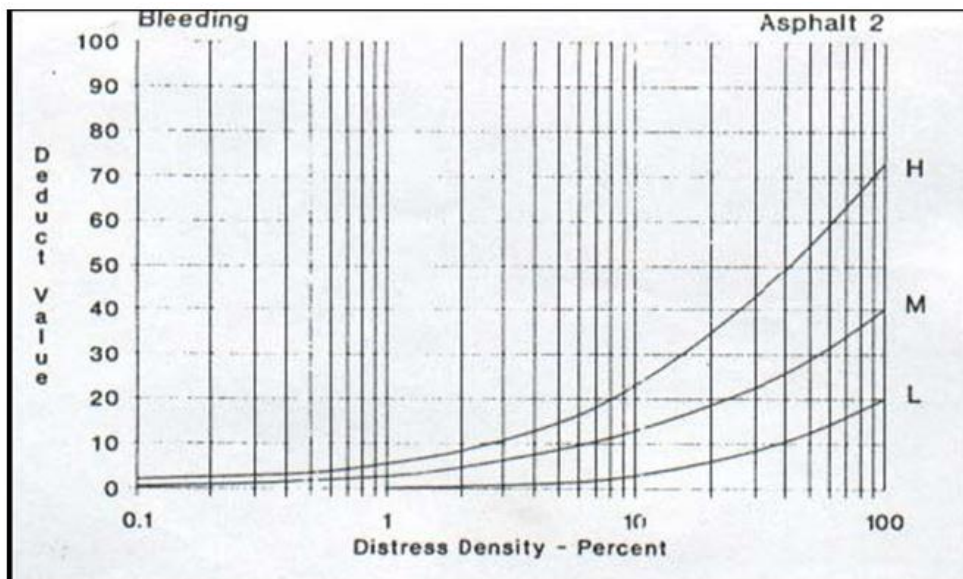


Gráfico de valor de deducción Falla 2: Exudación (manchas en pavimentos)

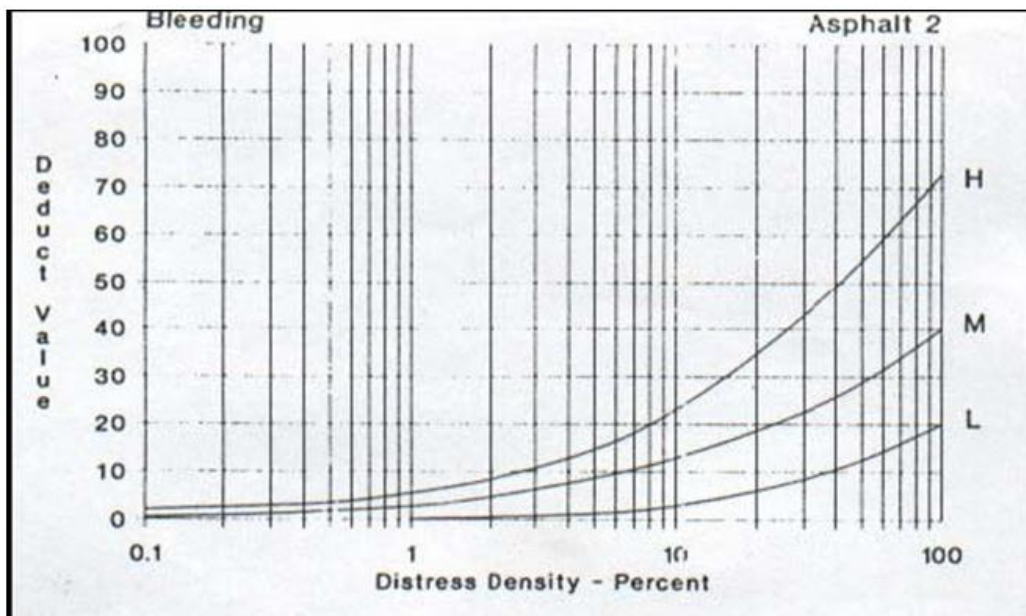


Gráfico de valor de deducción Falla 3: Grietas de contracción

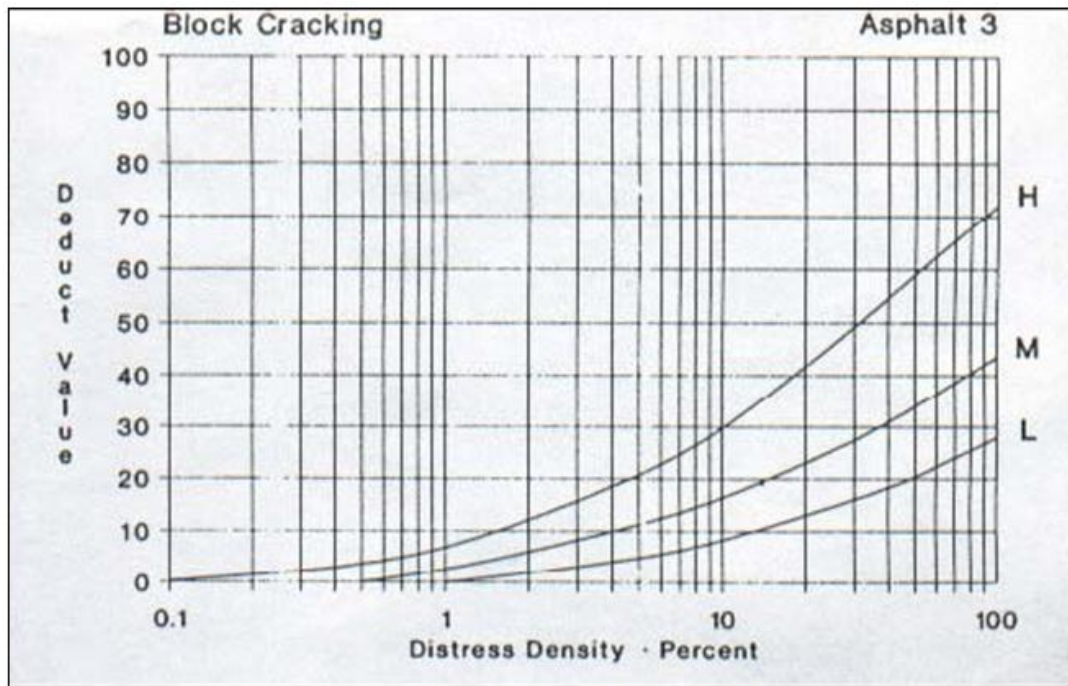


Gráfico de valor de deducción Falla 4: Hundimientos y elevaciones

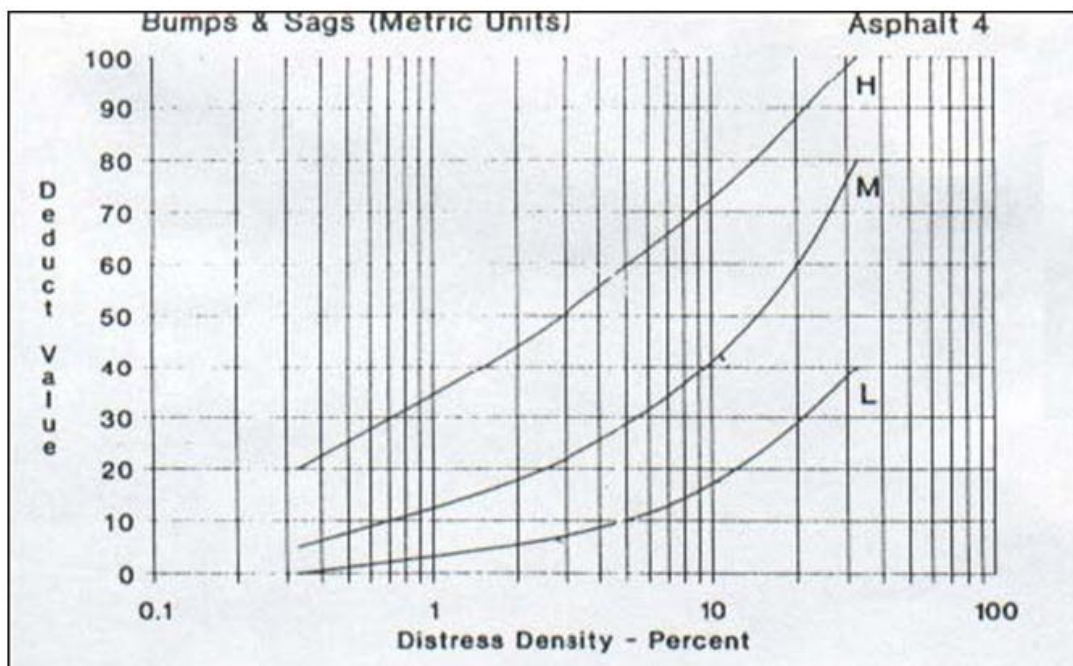


Gráfico de valor de deducción Falla 5: Corrugaciones

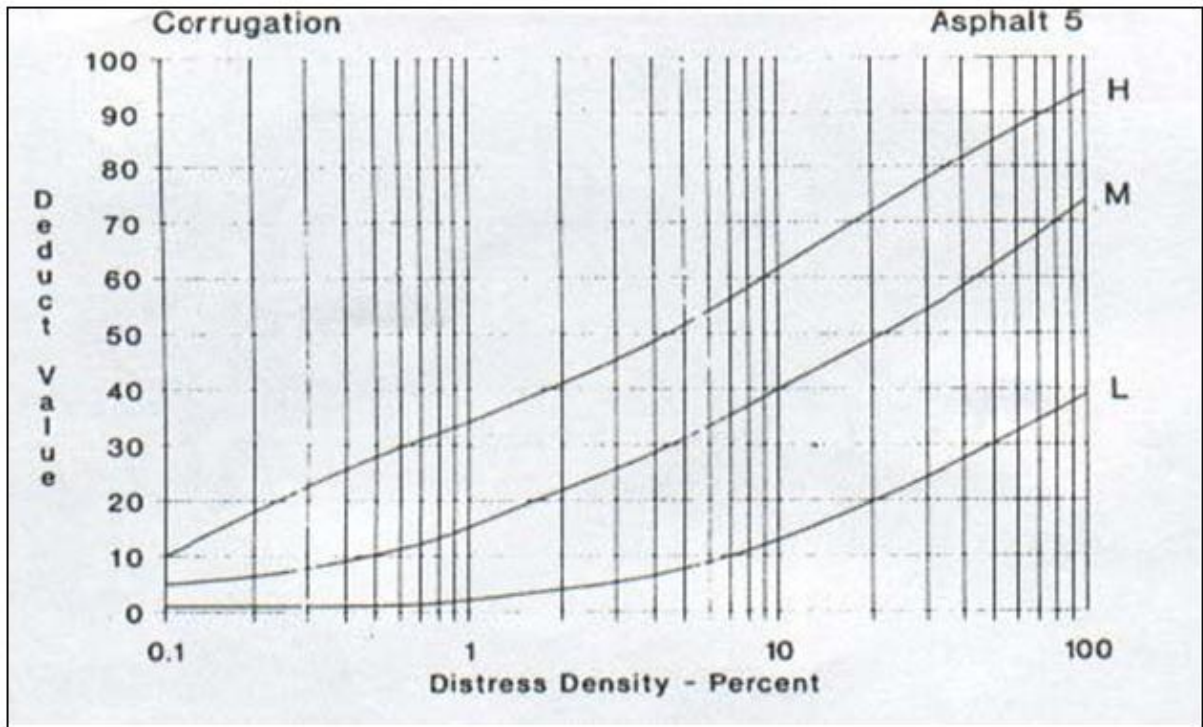


Gráfico de valor de deducción Falla 6: Depresiones

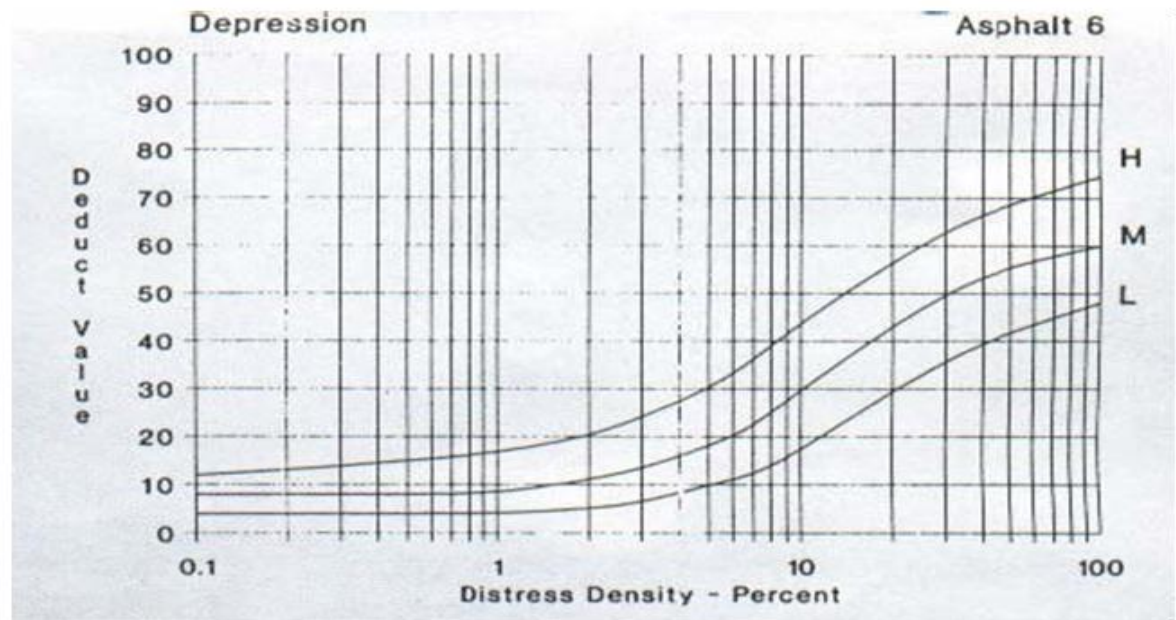




Gráfico de valor de deducción Falla 7: Grietas de borde

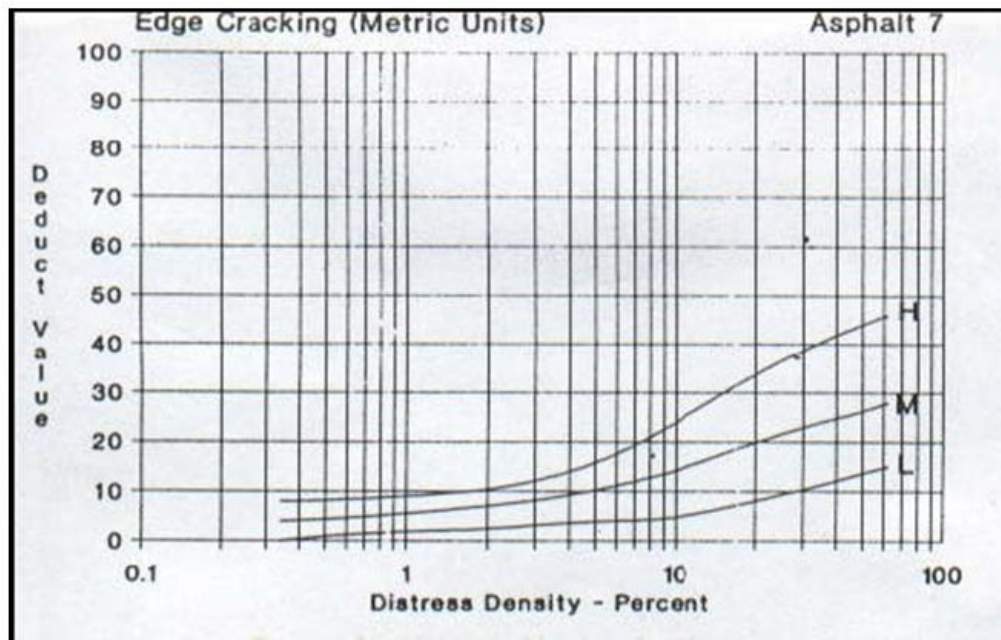


Gráfico de valor de deducción Falla 8: Grietas de reflexión de juntas

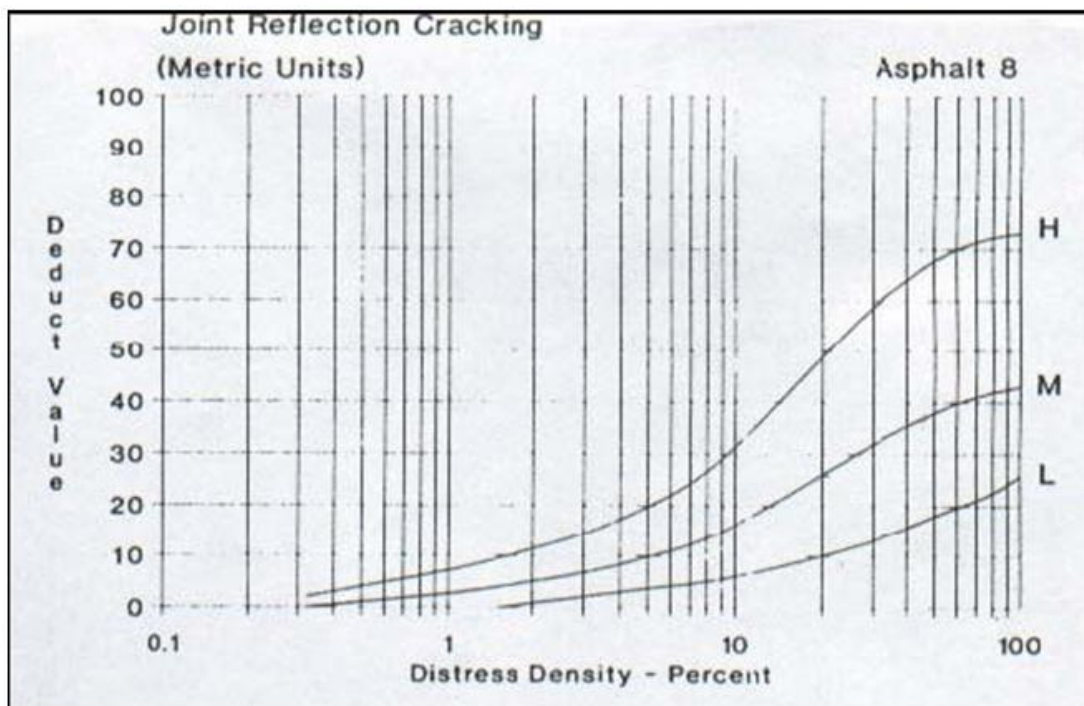


Gráfico de valor de deducción Falla 9: Desnivel entre calzada y hombrillo

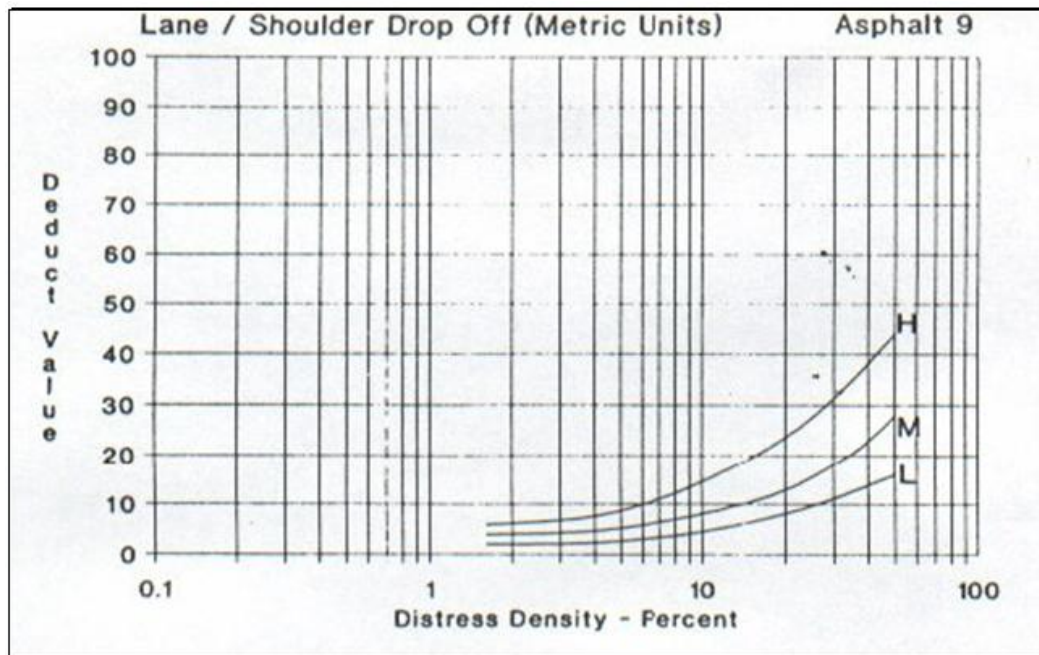


Gráfico de valor de deducción Falla 10: Grietas Longitudinales y Transversales

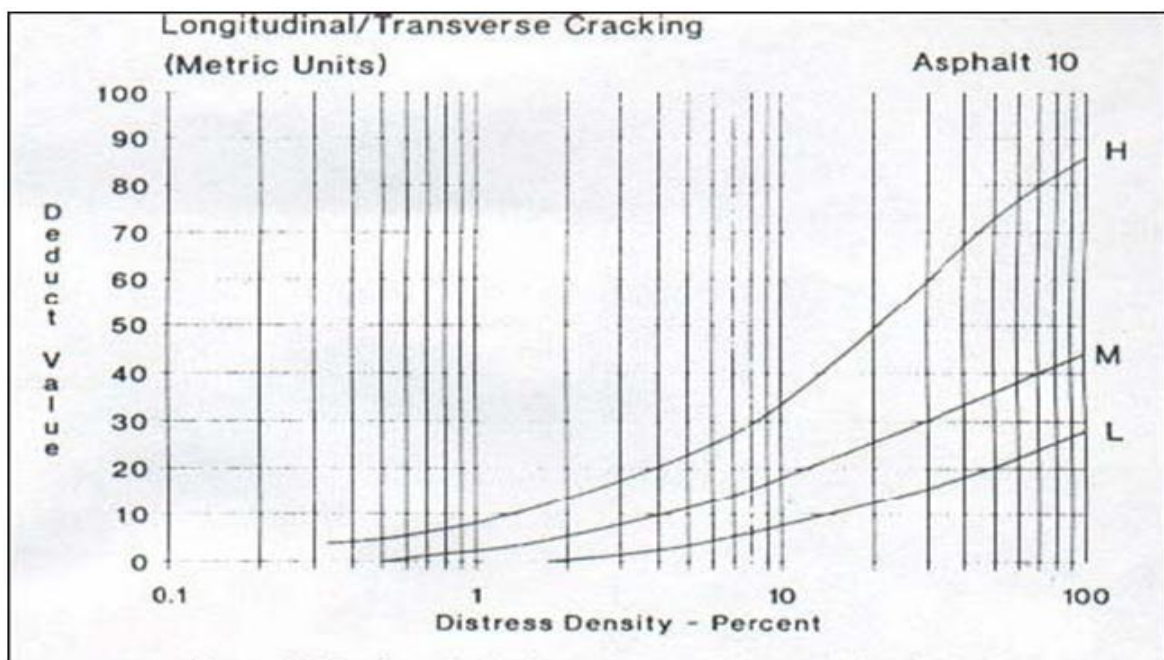


Gráfico de valor de deducción Falla 11: Baches y zanjas reparadas

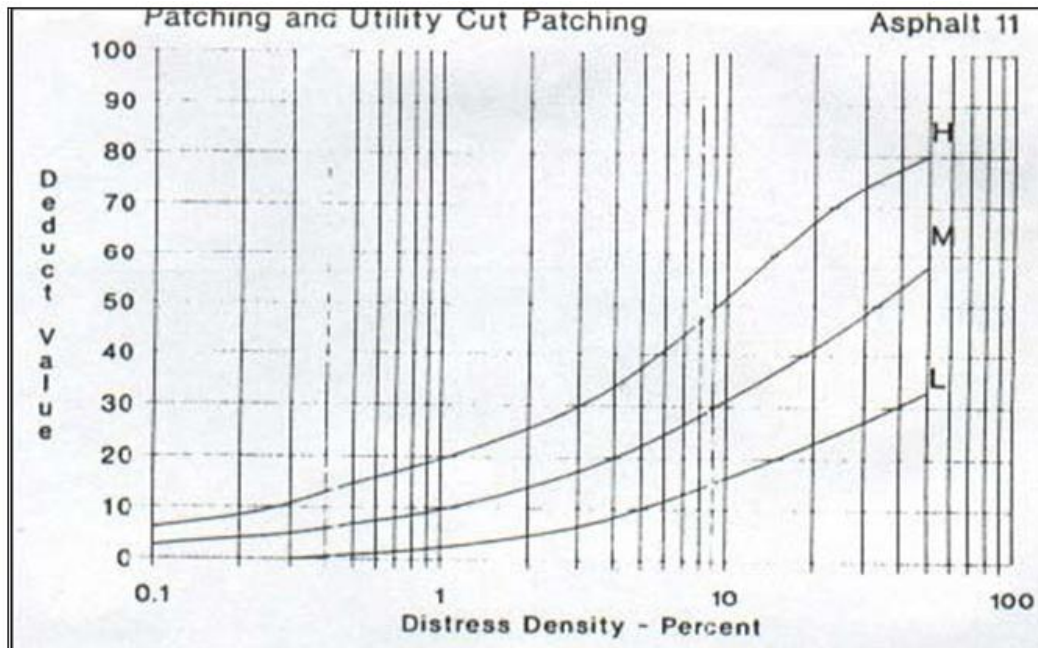


Gráfico de valor de deducción Falla 12: Agregados Pulidos

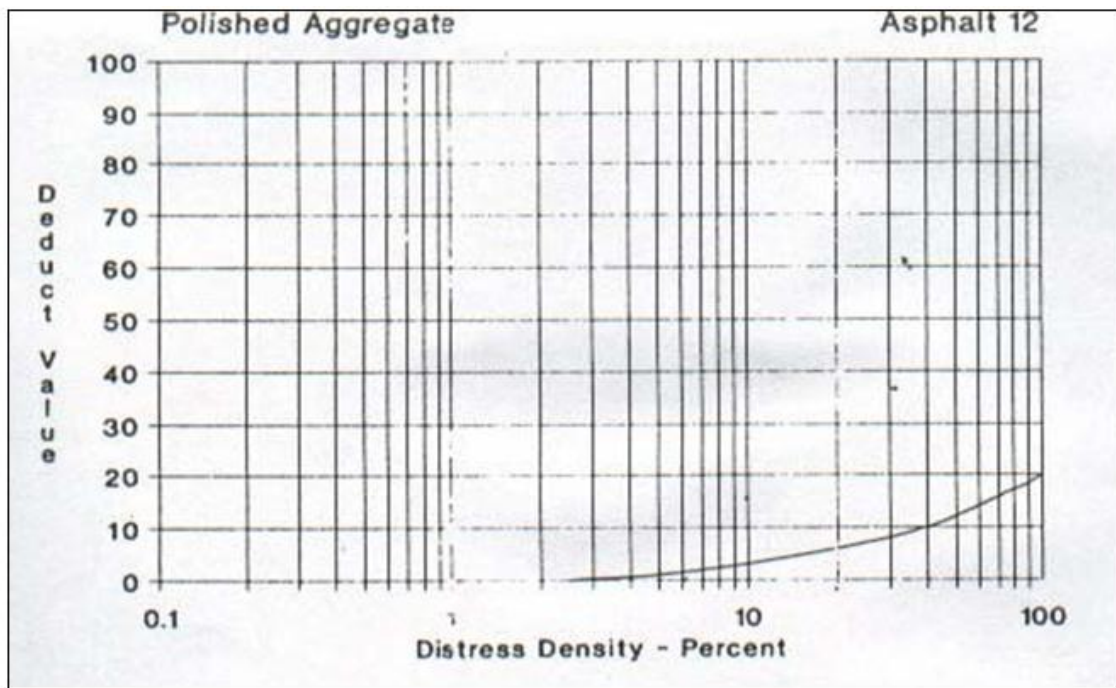




Gráfico de valor de deducción Falla 13: Huecos

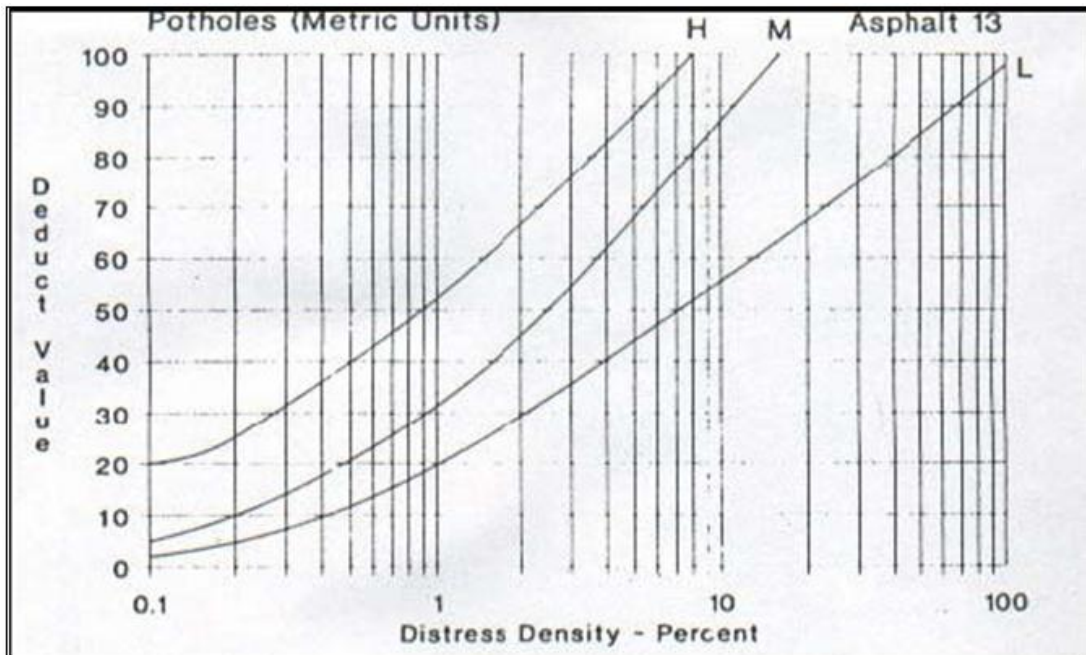


Gráfico de valor de deducción Falla 14: Cruce de Rieles (cruce de rejillas de drenaje)

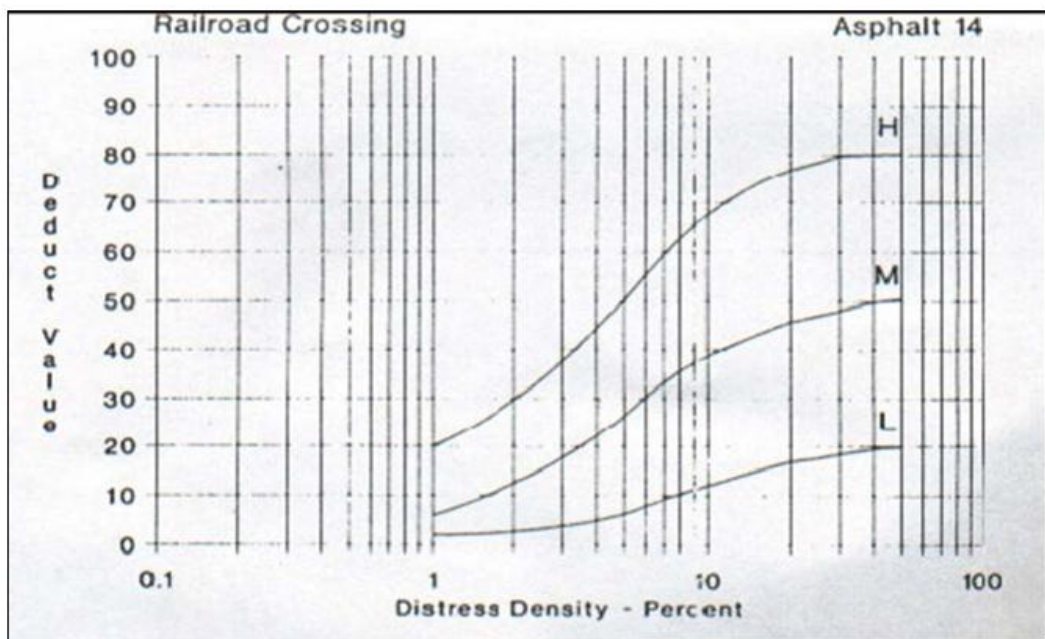


Gráfico de valor de deducción Falla 15: Ahuellamientos

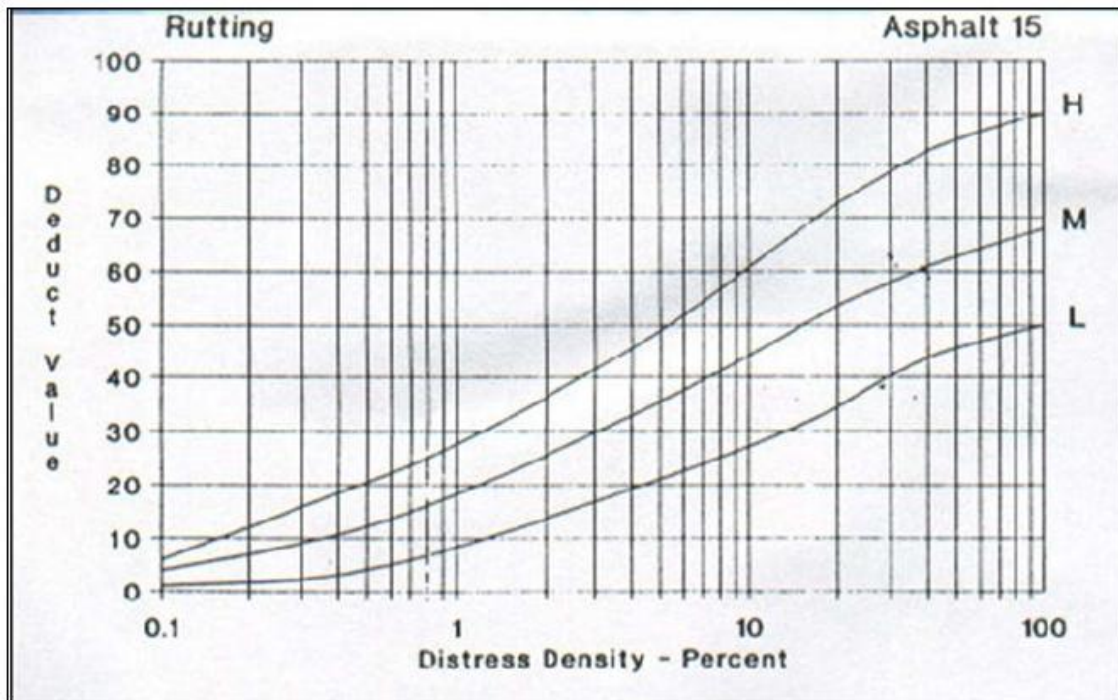


Gráfico de valor de deducción Falla 16: Deformaciones por empuje

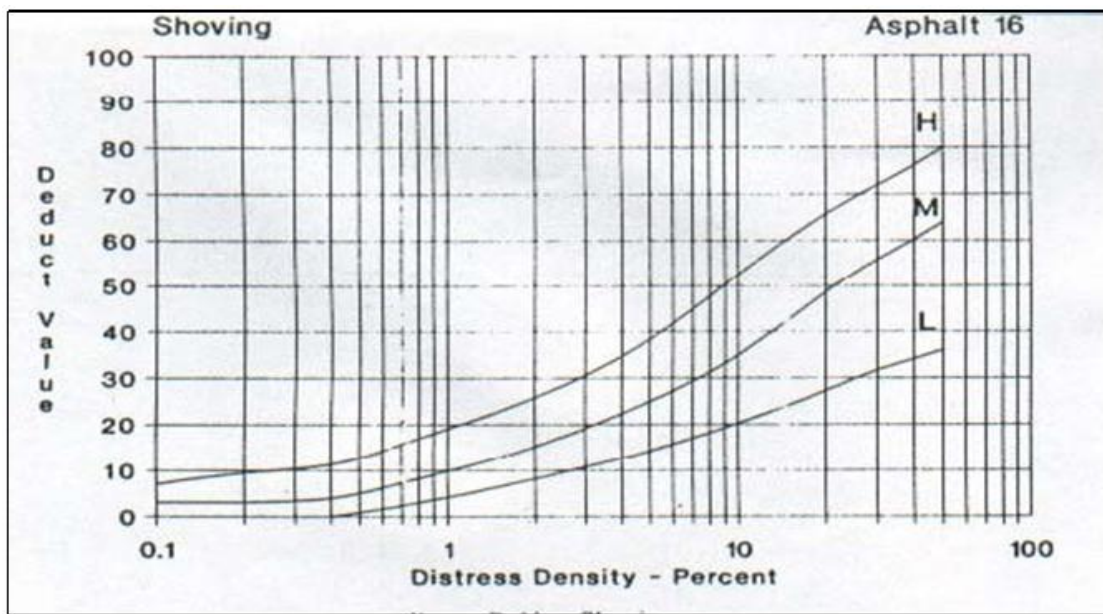




Gráfico de valor de deducción Falla 17: Grietas de desplazamiento

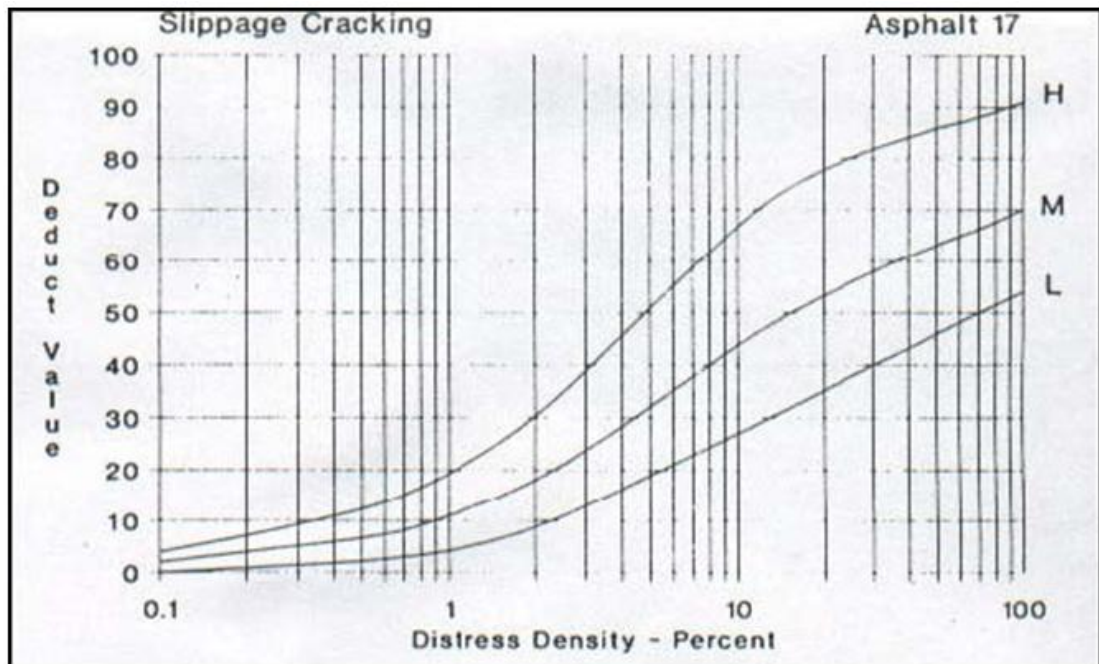


Gráfico de valor de deducción Falla 18: Hinchamientos

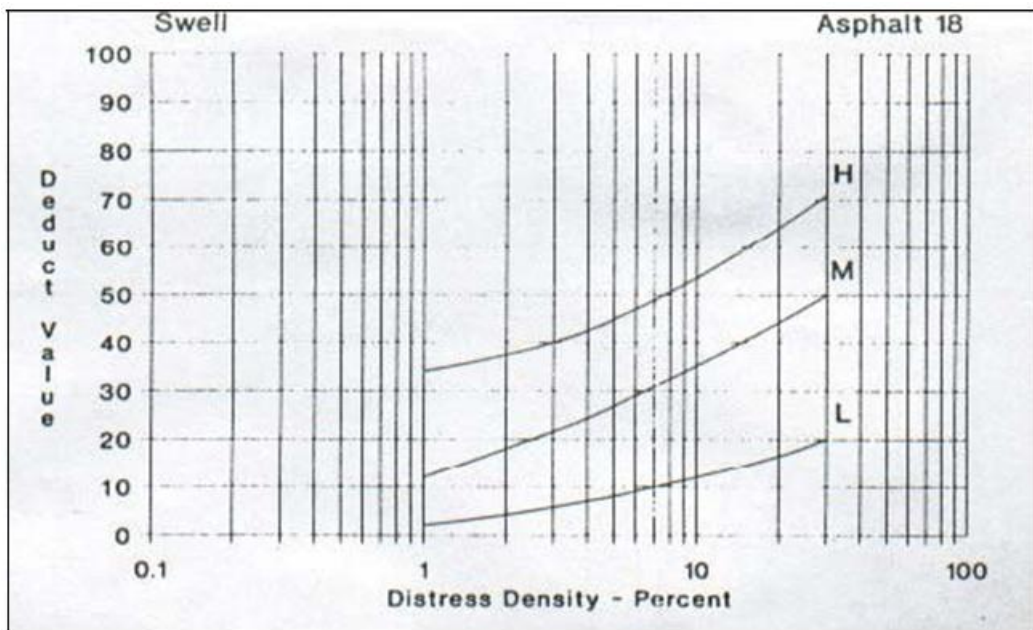


Gráfico de valor de deducción Falla 19: Disgregación

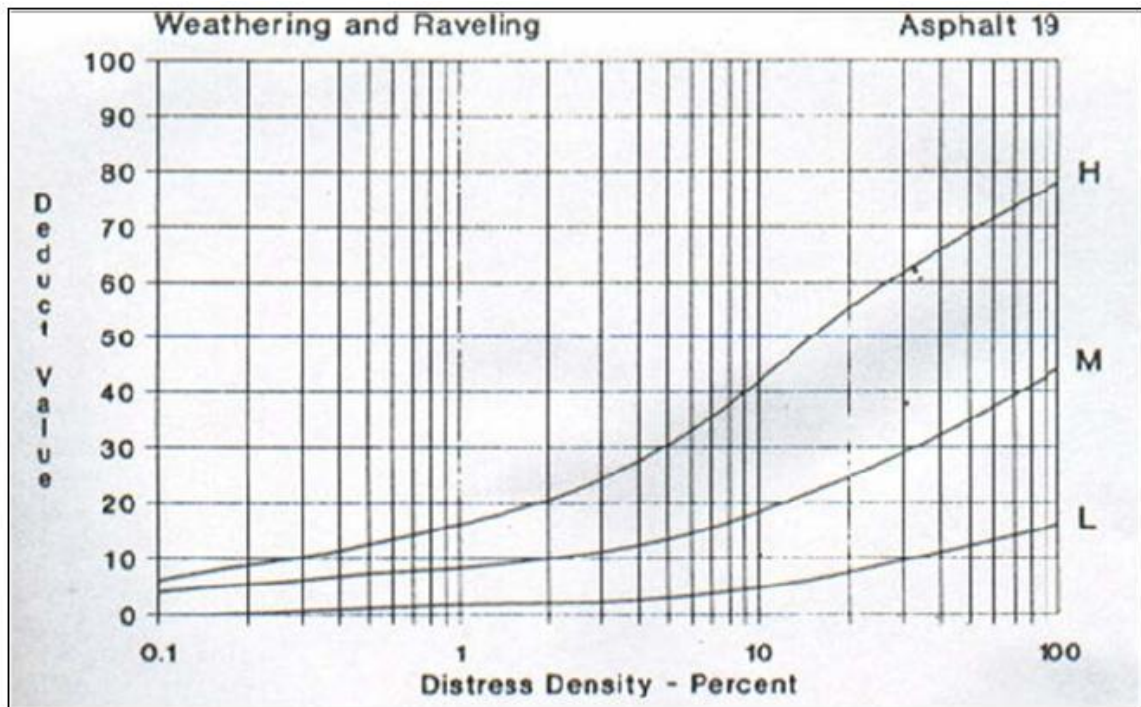


Gráfico de valor de deducción corregida (VDC)

